

JUSSI TALVITIE (toim.)

## VIRTAAVIEN VESIEN KALKITUSASEMIEN AUTOMATISOINTI

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUS  
VAASAN VESI- JA YMPÄRISTÖPIIRI  
Helsinki 1995



**214**

JUSSI TALVITIE (toim.)

## **VIRTAAVIEN VESIEN KALKITUSASEMIEN AUTOMATISOINTI**

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUS  
VAASAN VESI- JA YMPÄRISTÖPIIRI  
Helsinki 1995

Etukannen kuva  
Piirros: Jussi Talvitie ja Jorma Laakso

Tekijä on vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota  
vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona.

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA koskevat tilaukset:  
Painatuskeskus Oy, PL 516, 00101 Helsinki  
puh. (90) 566 0266

ISBN 951-53-0098-3  
ISSN 0786-9592

Helsinki 1995



Julkaisija  
Vesi- ja ympäristöhallitus  
Vaasan vesi- ja ympäristöpiiri

Julkaisun päivämäärä  
11.01.95

Tekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)

Talvitie, Jussi (toim.)

Kalkitusasemien automatisointi-työryhmä: Rantala, Aulis (pj.), Talvitie, Jussi (siht.)

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)

Virtaavien vesien kalkitusasemien automatisointi

(Automatisering av kalkdoserare för rinnande vatten)

Julkaisun laji

Työryhmäraportti

Toimeksiantaja

Vesi- ja ympäristöhallitus

Toimielimen asettamispvm

28.06.1991

Julkaisun osat

#### Tiivistelmä

Virtaavien vesien neutralointi edellyttää jatkuvaa valmiutta annosteluun, koska kerta-annostuksella ei saavuteta pitkäaikaista vaikutusta. Neutralointiaineen annostelumäärä vaihtelee kunnostettavan veden laadun ja virtaaman mukaan. Suomessa neutralointiaineen annostelu suoritetaan yleensä sähkökäyttöisellä kuiva-annostelijalla. Virtaavien alunavesien neutraloinnissa käytetään filleritason kalkkikivijauheita ( $\text{CaCO}_3$ ) sekä poltettua kalkkia ( $\text{CaO}$ ). Kalkki syötetään varastosiilosta annosteluruuvien avulla sekoitussäiliöön, jossa kalkki sekoitetaan veteen. Näin syntynyt kalkkimaito johdetaan edelleen kunnostettavaan vesistöön.

Kunnostettavissa vesistöissä, erityisesti pienehköillä valuma-alueilla, saattavat valumaveden happamuus sekä virtaama vaihdella nopeasti. Automaattikan tehtävänä on seurata kunnostettavan vesistön happamuutta ja virtaamaa sekä ohjata neutralointilaitteistoa näiden mittaustietojen perusteella. Ohjauslaitteisto kytkee kalkitusaseman annosteluyksikön toimimaan kunnostettavan vesistön pH-arvon laskiessa alle tavoitetasen. Automaattikka syöttää tarpeellisen määrän kalkkia vesistöön pH-tason kohottamiseksi tavoitteeseen. Neutraloinnin aikana laitteisto seuraa kalkituksen vaikutusta vesistöön ja tekee tarvittaessa korjauksia neutralointiaineen annosteluun.

Virtaavien vesien kalkitusaseman ohjauslaitteisto koostuu etäispäätteellä olevasta kaukovalvonta- ja tiedonkeruuhjelmasta sekä kalkitusasemalla olevasta ohjauslaitteesta. Etäispäätteessä oleva ohjelma koostuu tiedonsiirto-, raportointi- sekä laitteiston ohjaus- ja seurantaohjelmasta. Tämän ohjelman kautta voidaan muuttaa kalkitusaseman ohjauslaitteen toimintaparametreja ja seurata kalkitusaseman toimintaa, neutralointitulosta sekä kunnostettavan vesistön vedenlaatua. Ohjauslaitteeseen kuuluvat ohjauslogiikka ja sen sisältämät ohjelmat sekä tarvittavat anturit ja kytkimet vedenlaadun, virtaaman ja laitteiston toiminnan tarkkailemista sekä sen ohjaamista varten. Ohjauslaite kerää mittaus- ja käyttötietoja muistiinsa. Sopivin määräajoin tiedot siirretään etäispäätteenä toimivalle tietokoneelle kalkitusaseman toiminnan seuraamista ja vesistö- sekä aseman käyttötietojen myöhempää tarkastelua varten.

Vuonna 1992 maassamme oli käytössä kolme eriaisteisella automaattikalla varustettua virtavesien kalkitusasemaa. Kaikki neutraloivat happamilta sulfaattimailta tulevia vesiä Kokkolan ja Vaasan vesi- ja ympäristöpiirin alueella (Harrströminjoki, Lappsundinjoki ja Kruunupyynjoki). Työryhmä suosittelee näille asemille kehitetyn ratkaisumallin käyttöä uusien virtaavien vesien kalkitusasemien rakentamisessa.

#### Asiasanat (avainsanat)

hapan sulfaattimaa, alunamaa, virtavesi, neutralointi, kalkitus, kalkitusasemat, automatisointi pH-mittaus

#### Muut tiedot

Sarjan nimi ja numero

Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A 214

ISBN

951-53-0098-3

ISSN

0786-9592

Kokonaissivumäärä

35

Kieli

Suomi

Hinta

Luottamuksellisuus

Julkinen

Jakaja

Painatuskeskus Oy

PL 516

00101 Helsinki

Kustantaja

Vesi- ja ympäristöhallitus

PL 250

00101 Helsinki

*Utgivare*  
Vatten- och miljöstyrelsen  
Vasa vatten- och miljödistrikt

*Utgivningsdatum*  
11.01.1995

*Författare (uppgifter om organet: namn, ordförande, sekreterare)*

Talvitie, Jussi (red.)

Arbetsgruppen för automatisering av kalkdoserare: Rantala, Aulis (ordf.) Talvitie, Jussi (sekr.)

*Publikation (även den finska titeln)*

Automatisering av kalkdoserare för rinnande vatten  
(Virtaavien vesien kalkitusasemien automatisointi)

*Typ av publikation*  
Arbetsgruppsrapport

*Uppdragsgivare*  
Vatten- och miljöstyrelsen

*Datum för tillsättandet av organet*  
28.06.1991

*Publikationens delar*

### *Referat*

Neutralisering av rinnande vatten förutsätter en kontinuerlig doseringsbredskap, då en långtidseffekt inte kan uppnås med engångstillsats. Doseringsmängden varierar beroende på vattenkvaliteten och flödet i vattendraget som skall restaureras. I Finland sker dosering oftast med en eldriven torrdoserare. Vid neutralisering av rinnande alunvatten används kalkstensfyller ( $\text{CaCO}_3$ ) eller osläckt kalk ( $\text{CaO}$ ). Kalken doseras med hjälp av doserskruvar från förrådssilon till ett uppslammningskärl, där den blandas med vatten. Den erhållna kalkmjölken leds till vattendraget som skall restaureras.

Vattnets surhet och vattenflödet kan variera snabbt i de berörda vattendragen. Detta gäller framför allt vattendrag med små nederbördsområden. Automatiken bör följa med vattendragets surhet och dess flöde, samt styra doserutrustningen på basen av dessa. Styrenheten kopplar på kalkdoseringen då pH-nivån i vattendragen sjunker under en önskad nivå. Automatiken doserar en tillräcklig mängd kalk till vattendrag för att höja dess pH-värde till den önskade nivån. Under neutralisationsskedet följer automatiken med kalkningens effekter på vattendraget och korregerar vid behov dosering.

Vid kalkning av rinnande vatten på områden med sura sulfatjordar består kalkdoserarnas styrutrustning av en eller flera externa terminaler med program för fjärrkontroll och datasamling, samt av en styrenhet anknuten till själva kalkningsstationen. Terminalprogrammet består av enheter för datakommunikation och rapportering samt för styrning och övervakning av kalkningsstationen. Med hjälp av detta program kan man ändra driftsparameterna på kalkningsstationens styrenhet och följa med stationens funktion, kalkningsresultatet samt vattenkvaliteten i det berörda vattendraget. Styrenheten består av en logikdel med tillhörande program samt av nödvändiga mätelektroder och brytarfunktioner. Dessa följer kontinuerligt med vattenkvaliteten, flödet och anläggningens funktion. Styrenheten lagrar mätdata och driftsinformation i sitt minne. Den lagrade informationen överförs med jämna intervall till terminalens PC, där kalkningsstationens driftsövervakning sker. De insamlade uppgifterna om vattendraget och stationen kan senare studeras i detalj.

År 1992 var totalt tre rinnande vatten i Finland försedda med kalkdoserare av varierande automatiseringsgrad. I samtliga fall rör det sig om neutralisation av vatten från sura sulfatjordar inom Karleby och Vasa vatten- och miljödistrikt (Harrströms å, Lappsunds å och Kronoby å). Arbetsgruppen rekommenderar att även nya kalkningsstationer automatiseras enligt den modell som utvecklas för ovanstående stationer.

### *Sakord (nyckelord)*

sur sulfatjord, alunjord, rinnande vatten, neutralisering, kalkning, kalkdoserare, automatisering, styrning, pH-mätning

### *Övriga uppgifter*

*Seriens namn och nummer*  
Vatten- och miljöförvaltningens publikationer  
-serie A 214

*ISBN*  
951-53-0098-3

*ISSN*  
0786-9592

*Sidantal*  
35

*Språk*  
Finska

*Pris*

*Sekretessgrad*  
Offentlig

*Distribution*  
Tryckericentralen Ab  
PB 516  
FIN-00101 Helsinki, Finland

*Förlag*  
Vatten- och miljöstyrelsen  
PB 250  
FIN-00101 Helsingfors, Finland

*Published by*

National Board of Waters and the Environment, Finland  
Water and Environmet Distric of Vaasa

*Date of publication*

11.01.1995

*Author(s)*

Talvitie, Jussi (editor)

Working group on automation of lime dosers: Rantala, Aulis (chairman), Talvitie, Jussi (secretary)

*Title of publication*

The automation of lime dosers for streams and rivers

*Type of publication*

Working group raport

*Commissioned by*

National Board of Waters and the Environment, Finland

*Parts of publication**Abstract*

Neutralising streams and rivers require the need of a continuous dosing, because a single base addition doesn't obtain a long time effect. The dose depends on the water quality and the flow rate in the watercourse being restored. Lime usually doses with an electric dry-powder doser in Finland. Fine powdered limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) or quicklime ( $\text{CaO}$ ) is commonly used in the neutralisation of runoff water from acid sulphate soil. The powder is transported by screw feeders from storage bin to a slurry unit, where lime is mixed with water. The resulting lime slurry is conducted to the stream being restored.

The acidity and the flow rate of the affected streams can change rapidly. This is special concern in watercourses with small catchment area. The purpose of the automation is to monitor the acidity and the flow rate of the watercourse, and to regulate the lime dose according to these measurements. When the pH-value decreases bellow a present target level, the control unit switches the lime doser on and doses a sufficient amount of lime to the water to raise the pH-value to the desired level. During the neutralisation the control unit monitors the effects of the lime addition on the watercourse and corrects the dose when necessary.

In the lotic systems (flowing waters) affected by the acidic sulphate drainage, the automated lime doser includes control device. These consist of one or more remote terminals (PC) with programmes for remote control and data collection, and of a local control unit attached to the lime doser. The terminal programme consists of units for controlling and supervising the lime doser. By the means of this programme, one can change the operation parameters in the control unit and the function of the doser as well as the result of the liming on the water quality recorded. The control unit consists of a microcomputer with adherent programmes, and of necessary transmitters and switch for continuos monitoring of water quality, flow rate and lime doser function. The control unit records measured data and operational information from the station. The recorded information transfer periodically to the terminal PC, where the lime doser is supervised. The collected information about the watercourse and the function of the doser can later on be studied in detail.

In 1992 three Finnish streams were equipped with automated lime doser. All of them were neutralising runoff water from acid sulphate soil in western Finland (the rivers of Harrström, Lappsund and Kruunupyy). The working group recommends an automation of future lime doser according to the guidelines developed the existing doser.

*Keywords*

acid sulphate soil, alum soil, streams, liming, lime dosers, neutralisation, automation, running water, pH-measuring

*Other information**Series (key title and no.)*

Publications of the Water and Environment  
Administration - series A 214

*ISBN*

951-53-0098-3

*ISSN*

0786-9592

*Pages*

35

*Language*

Finnish

*Price**Confidentiality*

Public

*Distributed by*

Painatuskeskus  
P.O. Box 516  
FIN-00101 Helsinki, Finland

*Publisher*

National Board of Waters and the Environment,  
P.O. Box 250  
FIN-00101 Helsinki, Finland

## ESIPUHE

Virtaavien vesien kalkitukseen soveltuvia laitteita kehiteltiin 1980-luvulla. Kalkitusasemat saatiin toimimaan melko luotettavasti ja käsisäädöllä saavutettiin lyhytaikaisesti tyydyttäviä neutralointituloksia. Kun virtaavien vesien kalkituslaitteita sovellettiin käytäntöön, havaittiin näiden tehottomuus neutraloitaessa laadultaan ja määrältään nopeasti muuttuvia virtaavia vesiä.

Vesi- ja ympäristöhallitus asetti 28.06.1991 työryhmän, jonka tehtävänä oli virtaavien vesien kalkitusasemien automatisoinnin kehittäminen. Työryhmän tavoitteena oli esittää ohjeet kalkinsyöttöasemien automatisoinnille vuoden 1992 loppuun mennessä. Työryhmän jäseninä ovat olleet Aulis Rantala Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiristä (puheenjohtaja), Raimo Hillberg Turun vesi- ja ympäristöpiiristä, Heikki Heikkilä ja Lasse Käsälä Vaasan vesi- ja ympäristöpiiristä, Kjell Weppling Nordkalk Oy Ab:stä sekä Jussi Talvitie Vaasan vesi- ja ympäristöpiiristä (sihteeri).

Työryhmä on ollut kiinteästi mukana kolmen kalkitusaseman automatisoinnin ratkaisemisessa sekä käyttöönotossa. Asemat sijaitsevat Harrströminjoella (Vavy), Lappsundinjoella (Vavy) sekä Kruunupyynjoella (Kovy). Työryhmä suosittelee näille asemille kehitetyn ratkaisumallin soveltamista uusien virtaavien vesien kalkitusasemien rakentamisessa.

AULIS RANTALA

RAIMO HILLBERG

HEIKKI HEIKKILÄ

KJELL WEPPLING

LASSE KÄNSÄLÄ

JUSSI TALVITIE

# SISÄLLYS

ESIPUHE . . . . .	6
1 JOHDANTO . . . . .	9
2 NEUTRALOINTI . . . . .	9
2.1 Neutralointiaineet . . . . .	10
2.2 Neutralointilaitteistot ja niiden toiminta . . . . .	10
3 AUTOMATIikka . . . . .	12
3.1 Yleistä . . . . .	12
3.2 Automatiikan tehtävät . . . . .	12
3.3 Ohjauslaitteisto . . . . .	13
3.4 Hälytykset . . . . .	14
3.5 Anturit . . . . .	14
3.5.1 Veden pH:n mittaus . . . . .	15
3.5.2 Virtaaman mittaus . . . . .	16
3.5.3 Siilon täyttöasteen mittaus . . . . .	16
3.6 Taajuusmuunnin . . . . .	17
4 LAITTEISTON OHJAUS . . . . .	18
4.1 pH-mittarin ja säätimen avulla toteutettu ohjaus . . . . .	18
4.2 Ohjelmoitavan logiikan avulla toteutettu ohjaus . . . . .	18
4.3 Valmispaketin avulla toteutettu ohjaus . . . . .	19
5 SUOMESSA TOIMIVAT AUTOMATISOIDUT KALKITUSASEMAT . . . . .	20
5.1.1 Bjurbäcken . . . . .	21
5.1.2 Sticksund . . . . .	22
5.1.3 Kolam . . . . .	23
5.2 Toimintakuvaukset . . . . .	26
5.2.1 Bjurbäcken . . . . .	26
5.2.2 Sticksund . . . . .	27
5.2.3 Kolam . . . . .	29
5.3 Käyttökokemukset . . . . .	30
5.3.1 Bjurbäcken . . . . .	30
5.3.2 Sticksund . . . . .	31
5.3.3 Kolam . . . . .	32
6 KÄYTTÖ, HOITO JA KUNNOSSAPITO . . . . .	32
6.1 Käyttö . . . . .	32
6.2 Hoito ja kunnossapito . . . . .	33
7 YHTEENVETO . . . . .	34



# 1 JOHDANTO

Suomessa virtaavia vesiä on kalkittu koeluontoisesti 1980-luvun puolivälistä lähtien. Koetoiminnan tarkoituksena on ollut kehittää neutralointistrategiaa sekä neutralointiin soveltuvia laitteita. Virtaavien vesien kalkitukseen soveltuvia laitteita voidaan käyttää sekä alunamaiden valumavesistä aiheutuvan että ilmaperäisen laskeuman aiheuttaman happamuuden neutralointiin. Tehdyt kokeet ovat kohdistuneet kuitenkin lähes yksinomaan alunamaiden happamien valumavesien neutralointiin.

Kalkitusaseman automatisoinnin avulla voidaan huomattavasti parantaa virtaavien vesien neutralointitulosta, aseman käyttövarmuutta sekä päästä taloudellisempaan neutralointiaineen annosteluun. Jos asema on lisäksi varustettu vedenlaatu- sekä virtaamatietoja keräävällä laitteistolla, voidaan seurata kalkituksen vaikutuksia sekä vedenlaadun ja virtaaman muutoksia kunnostettavassa vesistössä.

Kunnostettavissa vesistöissä, erityisesti pienehköillä valuma-alueilla, saattavat veden happamuus sekä virtaama vaihdella nopeasti. Käsisääteisesti suoritetulta kalkitukselta vaaditaan tämän vuoksi ongelmallisina aikoina lähes jatkuvaa vedenlaadun, virtaaman sekä laitteiston seurantaa, jotta voitaisiin saavuttaa edes suhteellisen tasainen neutralointitulok. Äkillinen happamuuspulssi voi jäädä tarkkailusta huolimatta kokonaan tai osittain neutraloimatta, mikä saattaa tuhota tai heikentää aikaisemmalla neutraloinnilla aikaansaattua vaikutusta alapuolisessa vesistössä.

Automatisoinnin tavoitteena on rakentaa kalkitusasema, joka toimii itsenäisesti oman ohjauksensa varassa. Automatiikan tehtävänä on seurata kunnostettavan vesistön vedenlaatua ja virtaamaa sekä syöttää oikeaan aikaan tarpeellinen määrä kalkkia vesistöön veden pH-arvon kohottamiseksi tavoitetasolle. Kalkin annostelumäärä seuraa vedenlaadun ja virtaaman muutoksia, jolloin jatkuvasti saavutetaan asetettu neutralointitavoite kalkkia tuhlaamatta. Neutraloinnin aikana laitteiston tulee seurata kalkituksen vaikutusta vesistöön sekä tehdä tarvittaessa korjauksia kalkin annosteluun. Vesistötietojen lisäksi ohjauslaitteiston tulee tarkkailla myös aseman toimintaa ja ilmoittaa viastan havaittuaan sekä estää laitteiden vahingoittuminen häiriötilanteessa.

Laitteiston tulee tallentaa mitatut vedenlaatatiedot, virtaamat sekä kalkitusaseman laitteiston käyttötiedot muistiinsa. Järjestelmään kuuluu myös edestakainen tiedonsiirto kalkitusaseman ja aseman käyttäjän välillä. Tällöin voidaan kalkitusasemalta mitatut tiedot vesistöstä sekä laitteen käyttötiedot siirtää etäispäätteelle. Tarvittaessa kaukokäytön avulla on mahdollisuus muuttaa aseman ohjausparametreja.

## 2 NEUTRALOINTI

Neutraloinnin tarkoituksena on turvata alueen luontaisen kala- tai rapukannan vedenlaadusta riippuvat toimintaedellytykset tai luoda sellaiset olosuhteet joihin voidaan palauttaa tai istuttaa jo kadonnut tai korvaava kanta. Neutraloinnin on oltava jatkuvaa, jos vedenlaatu on pysyvästi alle tavoitetason. Jaksoittaisessa neutraloinnissa kalkkia annostellaan vesistöön vain niinä aikoina, jolloin se on tarpeen eliöstölle sopivan vedenlaadun varmistamiseksi.

Virtaavien vesien neutralointi on yleensä jaksottaista eli kalkitus ei ole ympärivuotista. Jaksoittaisen neutraloinnin avulla voidaan vedenlaatua parantaa esimerkiksi poikastuotannon kannalta kriittisinä aikoina. Jatkovaa neutralointia käytetään lähinnä vain pumpaamoon kytketyn neutralointilaitteiston yhteydessä. Tällöin pumpattu vesi neutraloidaan, mikäli pumppausvesien happamoittava vaikutus alapuoliseen vesistöön on haitallista.

Vesistöt, joissa voidaan tulevaisuudessa suorittaa virtavesien kalkituksia, ovat yleensä happamien sulfaatti- eli alunamaiden valuma-alueilla. Vesistöjen kalkitusta alunamaiden vaikutusalueella on selvitetty tarkoitusta varten asetetun työryhmän toimesta (Rantala 1991)<sup>1</sup>. Vesistöalueita, joissa kalkitusta suositellaan erillishankkeena, on viisi. Seitsemässä muussa vesistössä kalkitus voi tulla kysymykseen kalataloudellisen kunnostussuunnitelman tai muun yksityiskohtaisen vesistön kunnostus- ja hoitosuunnitelman yhteydessä.

## 2.1 Neutralointiaineet

Virtaavien vesien neutraloinnissa käytetään erilaisia filleritason kalkkikivijauheita ( $\text{CaCO}_3$ ) sekä poltettua kalkkia ( $\text{CaO}$ ). Neutralointiaineen valintaan vaikuttavat neutraloitavan veden laatu sekä neutralointitavoite. Poltettua kalkkia ( $\text{CaO}$ ) käytetään, jos neutraloitavan veden asiditeetti kohoa yli 2,0 mmol/l, jolloin kalkkikivijauheen käyttö ei ole enää kannattavaa tarvittavan suuren kalkkimäärän sekä kalkin liukenemisongelmien vuoksi. Neutralointiaineen annostelumäärään vaikuttavat vedenlaadun ja sekoitusolosuhteiden ohella myös kalkkikivijauheita käytettäessä niiden raekoko. Lakso ym. (1989)<sup>2</sup> on selvittänyt eri neutralointiaineiden ominaisuuksia ja niiden valintaa.

## 2.2 Neutralointilaitteistot ja niiden toiminta

Virtaavien vesien neutralointi edellyttää jatkuvaa valmiutta annosteluun, koska kertaannostuksella ei saavuteta pitkäaikaista vaikutusta. Neutralointiaineen annostelumäärä vaihtelee kunnostettavan veden laadun ja virtaaman mukaan. Tämän vuoksi laitteisto on varustettava säädettävällä annosteluyksiköllä, esimerkiksi ruuviannostelijalla.

Neutralointiaineen annostelu voidaan eräissä tapauksissa suorittaa myös mekaanisilla annostelijoilla. Nämä laitteet saavat käyttövoimansa virtaavasta vedestä ja ne säätävät karkeasti annostelun virtaaman mukaan. Mekaanisten annostelijoiden säädettävyys on huomattavasti karkeampaa kuin ruuviannostelijoiden. Nykyisen näkemyksen mukaan mekaanisia annostelulaitteita ei tulla automatisoimaan.

Annosteluyksikkö koostuu sähkömoottorilla toimivasta annosteluruuvista. Ruuveja voi olla toimintavarmuuden lisäämiseksi myös useita rinnan. Ruuvien pyörimisnopeutta

<sup>1</sup> Rantala Aulis (toim.) 1991

Vesistöjen kalkitus happamien sulfaattimaiden vaikutusalueella. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. 81 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A 78.

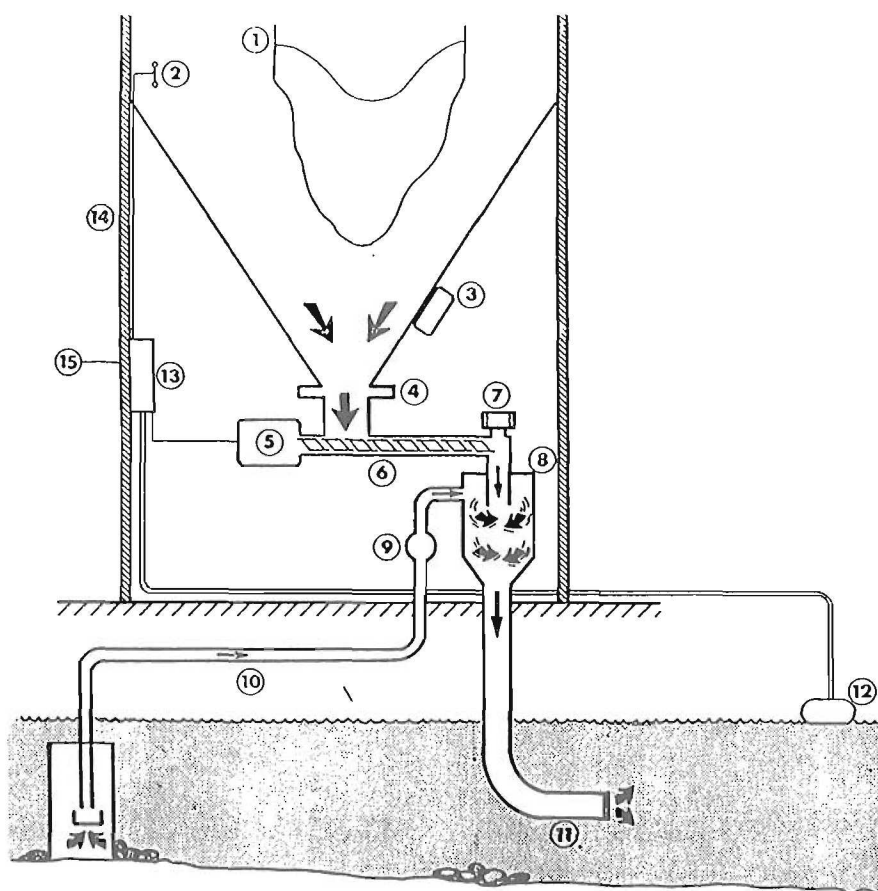
<sup>2</sup> Lakso, E., Lindroos, S. & Weppling, K. 1988 Neutralointiohjeet happamien sulfaattimaiden valumavesille. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. 27 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A 34.



muuttamalla muuttuu vastaavasti annostelumäärä (Lakso ym. 1989). Ruuvien pyörimisnopeutta voidaan säätää muuttamalla taajuusmuuntimen avulla sähkömoottorin pyörimisnopeutta tai hydraulisen variaattorin avulla, jolloin sähkömoottorin pyörimisnopeus pysyy vakiona.

Neutralointiaineen annostelu suoritetaan yleensä kuiva-annosteluna. Kalkki syötetään varastosiilosta annosteluruuvien avulla sekoitussäiliöön, jossa kalkki sekoitetaan veteen. Näin syntynyt kalkkimaito voidaan johtaa tällaisenaan kunnostettavaan vesistöön tai se voidaan ennen johtamista sekoittaa vielä suurempaan vesimäärään liukenevuuden parantamiseksi (kuva 1).

Johtaminen voi tapahtua putkea pitkin gravitaation avulla suoraan uomaan, jos annostelukohdan alapuolella on esimerkiksi koski, joka sekoittaa kalkin hyvin veteen. Kalkkimaito voidaan johtaa vesistöön myös uoman yli sijoitetulla jakoputkistolla, jolloin se leviää tasaisesti koko uoman leveydelle. Tarvittaessa voidaan kalkkimaidon sekoittamista uomassa tehostaa erillisellä sekoittimella tai ohjaamalla veden kulku turbulenttiseksi



- |                      |                                      |
|----------------------|--------------------------------------|
| 1. Varastosiilo      | 9. Sekoitusvesipumppu ja paineanturi |
| 2. Pintailmaisin     | 10. Sekoitusvesiputki                |
| 3. Tärytinlaite      | 11. Annosteluputki                   |
| 4. Sulkupelti        | 12. Annostelua ohjaavat anturit      |
| 5. Sähkömoottori     | (mikäli automaattiohjattu annostelu) |
| 6. Ruuviaannostelija | 13. Ohjaus- ja säätöyksikkö sekä     |
| 7. Imuri, poistoilma | valvontataulu                        |
| 8. Sekoitussäiliö    | 14. Eristetty seinärakenne           |
|                      | 15. Ulkoinen hälytyssysteemi         |
|                      | (esim. puhelinverkkoon)              |

Kuva 1. Kuiva-annostelijan periaatteellinen rakenne (Lakso ym. 1989).

## 3 AUTOMATIikka

### 3.1 Yleistä

Automatisoinnin tavoitteena on rakentaa kalkitusasema, joka toimii itsenäisesti oman automaattisen ohjauksensa varassa. Asema seuraa vesistössä tapahtuvia vedenlaadun ja virtaaman muutoksia sekä säättää tarvittaessa neutralointiaineen annostusta, jotta jatkuvasti voitaisiin saavuttaa asetettu neutralointitavoite. Automaattisen kalkinsyötön ohjauksen avulla neutralointi pystytään suorittamaan myös entistä taloudellisemmin tarpeettoman yliannostelun jäädessä pois.

Ohjauslaitteistoa tilattaessa on tiedettävä tarvittavat laitteistokokonaisuuden toiminnot sekä tiedot, joiden avulla laitteistoa pyritään ohjaamaan. Tällöin laitteisto saadaan nopeasti toimintakuntoon, koska käyttökohteessa suoritettavien "viritystöiden" määrä jää vähäiseksi. Valittaessa laitteiston toimittajaa tulee ottaa huomioon toiminnan jatkuvuus. Laitteiston huollosta ja tarvittavista muutoksista on toimittajan tai käyttäjän kyettävä vastaamaan myös tulevaisuudessa.

Koska automatiikka ja ohjauslogiikat kehittyvät kaiken aikaa, yhden malliratkaisun antaminen ohjauksen automatisointiin ei ole perusteltua. Laitteistojen toiminnot monipuolistuvat ja ohjelmointi helpottuu tulevaisuudessa. Tässä ohjeessa ei esitetä yksityiskohtaista ratkaisua, vaan aihetta käsitellään esimerkkikohteiden pohjalta periaatteellisesti.

### 3.2 Automatiikan tehtävät

Automatiikan tehtävänä on seurata kunnostettavan vesistön happamuutta ja tarvittaessa virtaamaa sekä ohjata neutralointilaitteistoa näiden mittaustietojen perusteella. Ohjauslaitteiston tulee kytkeä kalkitusaseman annosteluyksikkö toimimaan kunnostettavan vesistön pH-tason laskiessa alle tavoitetason ja syöttää tarpeellinen määrä kalkkia vesistöön, jotta tavoitetaso saavutetaan. Neutraloinnin aikana laitteiston tulee seurata kalkituksen vaikutusta vesistöön ja tehdä tarvittaessa korjauksia neutralointiaineen annosteluun.

Ohjauslaitteiston tulee myös tarkkailla kalkitusaseman laitteiden toimintaa ja ilmoittaa havaitusta viasta. Laitteiston tulee kyetä tallentamaan mitatut vedenlaatutiedot, virtaamat sekä ohjauksen toimintaparametrit myöhempää tutkimista ja tarkastelua varten. Tiedot tulee saada myös ASCII<sup>3</sup>-tulosteena, jolloin niitä voidaan jatkokäsitellä eri tietokoneohjelmilla.

Laitteiston on kyettävä tallentamaan muistiinsa seuraavat tiedot :

- kalkitusaseman ylä- ja/tai alapuolisen veden pH-arvo
- virtaama
- arvio vesistöön annostellusta kalkkimäärästä

<sup>3</sup> ASCII

*American Standard Code for Information Interchange.* Alfanumeeristen merkkien ja erikoismerkkien koodijärjestelmä tiedonsiirtoa varten.

- varastosäiliön täyttöaste
- mahdolliset laiteviat ja käyttöhäiriöt

Tiedot on tallennettava niin usein, että laitteiston toimintaa, vesistön vedenlaatua sekä virtaaman muutoksia ja kalkituksen vaikutusta alapuolisessa vesistössä voidaan luotettavasti seurata. Ohjearvona voidaan käyttää joka toinen tai kolmas tunti tapahtuvaa tallennusta. Käyttökokemusten perusteella voidaan myöhemmin tallennusväliä muuttaa esimerkiksi vedenlaadun pysyessä hyvänä, jolloin ohjauslaitteistolla vain seurataan vesistön tilaa. Tallennustiheyden voi määrätä myös laitteiston muistikapasiteetti. Jos muistitilaa on vähän, joudutaan tiedot siirtämään usein etäispäätteenä käytettävälle henkilökohtaiselle tietokoneelle.

Neutralointilaitteiston ohjausyksikköä voidaan hyödyntää myös vesistön tilan seuraamiseen. Keskusyksikköön voidaan tarvittaessa tallentaa myös vesistön tilan seuraamisen kannalta olennaisia, mutta kalkinsyötön ohjauksen kannalta tarpeettomia tietoja. Tällöin laitteistoon tulee voida liittää ylimääräisiä antureita, joiden antamat mittaustiedot tallennetaan laitteiston muistiin myöhempää tarkastelua varten. Tämä on huomioitava jo suunnitteluvaiheessa arvioitaessa tarvittavaa laitteiston muistikapasiteettia.

### 3.3 Ohjauslaitteisto

Laitteisto koostuu etäispäätteestä (PC) , siihen asennetusta kaukovalvonta- ja tiedonkeruuohjelmasta sekä kalkitusasemalla olevasta ohjauslaitteesta. Ohjauslaitteen tulee ohjata ja tarkkailla laitteiston toimintaa sekä kerätä mittaussarvoja muistiinsa. Sopivin määräajoin tiedot siirretään etäispäätteenä toimivalle tietokoneelle.

Ohjauslaitteeseen kuuluvat ohjauslogiikka ja sen sisältämät ohjelmat, tarvittavat anturit ja kytkimet vedenlaadun, virtaaman ja laitteiston toiminnan tarkkailemista varten sekä annosteluyksikön ohjaamista varten.

Etäispäätteessä oleva ohjelma koostuu tiedonsiirto-, raportointi- sekä laitteiston ohjaus- ja seurantaohjelmasta. Tulosteina saadaan käyttötilanteen prosessikaavio näytölle, mittaus- ja käyttötiedot graafisina sekä numeerisina tulosteina näytölle tai tulostimelle sekä mittaus- ja käyttötiedot ASCII-tulosteena tiedostoon.

Yhteydenpito kalkitusaseman ja etäispäätteenä toimivan tietokoneen välillä tapahtuu puhelinverkoston kautta modeemin avulla. Vaihtoehtoisesti yhteys voidaan hoitaa NMT-modeemin kautta radioteitse, jos puhelinlinjan saaminen laitteiston sijainnista johtuen on liian kallista.

Ohjauslaitteisto tulee sijoittaa erilliseen lämmitettyyn tilaan, jolloin laitteistoon ei pääse kertymään kondensiovettä. Laitteisto on näin myös turvassa kalkkipölyltä, jota saattaa esiintyä annostelutilassa siilon täytön yhteydessä.

### 3.4 Hälytykset

Ohjauslaitteiston tulee seurata kalkitusaseman toimintaa ja antaa hälytys aseman hoitajalle tai käyttäjälle vian ilmettyä. Hälytys on annettava sellaisesta viasta, joka voi aiheuttaa välittömästi vaaratilanteen tai estää asemaa pääsemästä neutralointitavoitteeseen (taulukko 1). Hälytysviestin saaminen reaaliajassa käyttäjälle tai hoitajalle vaatii järjestelmän, joka on aina päällä. Tämä voidaan järjestää esimerkiksi henkilöhakulaitteella, johon ohjauslaite soittaa vian havaittuaan. Tämän jälkeen käyttäjä voi ottaa modeemiyhteyden asemalle ja selvittää vian laadun. Laitteiston toimintatilaa voidaan seurata kytkimiltä saatavien päällä/pois-viestien avulla. Ohjauslaitteeseen voidaan näitä digitaalisia sisääntuloja kytkeä useita.

### 3.5 Anturit

Mittausantureina voidaan käyttää markkinoilla olevia virta- ja/tai jänniteviestillä varustettuja lähettimeitä. Anturin käyttökelpoisuuden ratkaisee lähinnä sen soveltuvuus maasto-olosuhteisiin. Jos mittauspiste viedään kauaksi asemalta, tulee anturi varustaa esivahvistimella tai esimerkiksi ohjauslogiikan etäyksiköllä, jotta mittausarvot saadaan ohjausyksikölle saakka.

Anturi voidaan sijoittaa joko erilliseen mittauskaivoon tai anturia varten tehtyyn tai mahdollisesti jo olemassa olevaan rakenteeseen. Jos laitteistoa tullaan käyttämään myös talviaikana, on uoman jäätyminen otettava huomioon antureiden sijoituksessa. Antureiden sijoituksessa on otettava huomioon myös uomassa tapahtuva vesiliikenne ja virran mukana mahdollisesti kulkeutuva tavara. Anturit on sijoitettava sekä merkittävä siten, ettei niistä aiheudu haittaa tai vaaraa liikenteelle eikä antureille.

Taulukko 1. Kalkitusasemalta saatavat hälytykset (Numerot viittaavat kuvaan 1).

MITÄ	MITEN	MIKSI
Pumppujen käynti	Viesti kytkimeltä	Pumppujen toiminnan seuraaminen
Veden tulo sekoitussäiliöön	Painekeytkin sekoitussäiliön vesiputkessa 9	Pumppujen toiminta (tukkeutuminen, roskaantuminen)
Annostelumoottori	Viesti kytkimeltä (moottorin kontaktori) 5	Annostelumoottorin toiminnan seuraaminen
Vesistön pH-taso	Viesti pH-mittarilta 12	Laitteiston ohjaus ja toiminnan seuraaminen sekä vesistön tilan seuranta
Kalkin loppuminen	Viesti siilon anturilta 2	Siilon täyttöasteen seuraaminen
Sekoitussäiliön tukkeutuminen	Viesti pinta-anturilta 8	Laitteiston toiminnan seuraaminen

### 3.5.1 Veden pH:n mitta

Alunamaisen valumavedet saattavat olla paikoin erittäin sulfaattipitoisia, mikä voi heikentää pH-antureiden toimivuutta sekä lyhentää niiden käyttöikää. Sulfaattipitoisissa vesissä elektrodin vertailusilta, jonka kautta ionit vaihtuvat vertailuelektrolyytin sekä mitattavan veden välillä, tukkeutuu vähitellen. Näin anturin reagoitusaika pitenee ja lopulta elektrodi lakkaa toimimasta kokonaan. Sulfaattipitoisille vesille sopivien erikoisantureiden hankintahinta on noin kaksinkertainen verrattuna tavallisiin elektrodeihin, mutta käyttöikä moninkertainen.

pH-anturit kestävät yleensä jonkin verran pakkasta ( $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), mutta talveksi ne on syytä poistaa uomasta ja sijoittaa sisätiloihin. Mikäli mittauksia halutaan suorittaa ympäri vuoden, tulee anturit sijoittaa mittaustaikoihin. Anturien asennuksen yhteydessä on huolehdittava, että anturin mittauspää on jatkuvasti vedessä, sillä ajoittain kuivunut anturi aiheuttaa suuria virheitä mittaustulokseen. On myös varmistettava, ettei anturin roiskevesisuoja johdotuslaatikko jää tulva-ajana pinnan alle, jolloin sen virtapiireihin voi tulla oikosulkuja. Anturit on sijoitettava siten, että niiden puhdistus ja kalibrointi on helppoa ja mahdollista kaikissa olosuhteissa.

Anturit voidaan sijoittaa uppoasenteisena, jolloin ne asennetaan joko suoraan uomaan tai erilliseen kaivoon. Anturit voidaan asentaa myös kellunta-armatuuriin, jolloin ne seuraavat vedenpinnan vaihteluita. Anturit voidaan sijoittaa myös läpivirtausarmatuuriin, jolloin havainnoitava näytevesi pumpataan astian läpi, jossa anturit ovat.

Anturit täytyy puhdistaa ja kalibroida ajoittain. Erittäin happamissa vesissä kalibrointi on suoritettava kerran viikossa. Antureiden mittauspäähen kertyy helposti likaa tai neutraloinnin yhteydessä muodostunutta sakkaa, jonka jälkeen mittaustulokset eivät ole enää luotettavia. Antureiden käyttöikä on rajallinen, käytännössä noin 1 - 4 vuotta. Käyttöikä ja kalibroitamistarve riippuu elektrodin hoidosta, laadusta, käyttöolosuhteista sekä mitattavan veden laadusta.

pH-anturit voidaan puhdistaa automaattisesti ultraäänien tai harjan avulla. Automaattinen puhdistus ei kuitenkaan vapauta elektrodien hoidosta, vaan on apuna siinä. Luonnonvesissä saattaa automaattisesta puhdistuksesta olla enemmän haittaa kuin hyötyä, sillä ultraäänipuhdistus voi joissakin tapauksissa iskostaa lian elektrodin pintaan entistä lujemmin. Harjan avulla suoritettu puhdistus voi puolestaan rikkoa elektrodin hankaimalla sen hajalle, mikäli harjan ja elektrodin väliin joutuu ylimääräisiä esineitä.

pH-anturilta saatava viesti voidaan vahvistaa esivahvistimella logiikan ymmärtämäksi viestiksi. Suositeltavampaa on kuitenkin käyttää virtaviestillä varustettua pH-mittaria. Tällöin anturin kalibrointi on huomattavasti helpompaa kuin pelkkää esivahvistinta käytettäessä.

Valittaessa alapuolisen pH-mittauksen paikkaa on otettava huomioon neutralointiaikaa ja veden välinen reagoitusaika. Mittauspiste on vietävä tarpeeksi kauas, jotta voidaan varmistua kalkituksen luotettavasta vesistövaikutuksesta. Luotettava tulos saadaan noin 10 minuutin viipymällä annostelusta mittauspisteeseen. Tämä viipymä soveltuu käytettäessä poltettua kalkkia neutraloinnissa. Mikäli käytetään kalkkikivijauheita tulee viipymää suurentaa. Tarvittava matka riippuu vesistön virtausnopeudesta. Mikäli

käytetään lyhyempää viipymää täytyy tämä huomioida annostelussa muuttamalla neutralointitavoitetta.

Mikäli asema toimii ainoastaan yläpuolisen pH-mittauksen ohjaamana, täytyy huomioida valumaveden laadussa mahdollisesti tapahtuvat muutokset. Valumaveden ominaisneutralointitarve<sup>4</sup> saattaa muuttua vuodenaikojen mukaisesti.

### 3.5.2 Virtaaman mittaus

Jos virtaaman mittauskohdassa on käytettävissä purkautumiskäyrä, virtaama voidaan mitata uoman vedenkorkeuden perusteella. Muussa tapauksessa virtaaman selvittämissä on mitattava sekä vedenkorkeus että virtausnopeus. Tällöin virtaamamittauksen tarkkuus on niin huono sekä mittausjärjestelyt monimutkaiset ja kalliit, että kalkin annostelua kannattaa ohjata pelkän kalkitusaseman ylä- ja/tai alapuolisen pH-arvon avulla.

Vedenkorkeutta voidaan havainnoida paineanturilla tai mittaamalla vedenpinnan korkeus ultraäänen tai kellukkeen avulla. Tieto vedenkorkeudesta voidaan muuttaa joko mittarissa tai ohjausyksikössä ohjauslogiikan tarvitsemaksi tiedoksi virtaamasta. Jos vedenkorkeutta halutaan havainnoida läpi vuoden, tulee anturit sijoittaa erilliseen, sulana pysyvään mittauskaivoon.

Virtausnopeutta voidaan havainnoida kalorimetrisellä tai sähkömagneettisella anturilla. Virtausnopeuden havainnointi tulee kysymykseen vain erikoistapauksissa, joissa ei uoman purkautumiskäyrää voida käyttää eikä pH-viestien avulla suoritettu kalkituksen ohjaus anna luotettavaa tulosta.

Virtaaman mittaaminen muualla (esim. PROCOL-asemalla) ja sieltä saatavan tiedon hyödyntäminen on liian vaivalloista, eikä saatava tieto ole reaaliaikaista. Lisäksi tarvittavien tietoliikenneyhteyksien hankkiminen ja ylläpito on kalliimpaa kuin vedenkorkeusanturin hankinta ja ylläpito.

### 3.5.3 Siilon täyttöasteen mittaus

Varastosiilon täyttöaste voidaan mitata joko kapasitiivisella tai ultraäänianturilla. Luotettavin tieto siilon täyttöasteesta saataisiin punnitsemalla siilon paino, mutta menetelmä on liian kallis kalkitusasemille. Kapasitiivinen anturi mittaa varastosäiliön pinnankorkeuden aiheuttamaa anturin kapasitanssin muutosta, joka muutetaan siilon pinnankorkeudeksi. Ultraäänianturi mittaa akustisesti varastosiilon pinnankorkeuden havainnoimalla ääniaallon heijastumista kalkin pinnasta. Varastosiilon pinnankorkeutta voidaan havainnoida myös mittaamalla siilon metallirakenteessa tapahtuvia muodonmuutoksia venymäliuskoiden avulla. Nämä havaitut muodonmuutokset muutetaan vastaamaan siilon tunnettua täyttöastetta.



Kalkin käyttäytymisestä (holvaantumisesta) johtuen saattaa mittaustulos olla virheellinen siiloissa, joiden pohjakartion kulma on liian suuri. Tärytyksestä huolimatta kalkki saattaa valua vain siilon keskeltä jättäen seinämille kerroksen, josta anturi mittaa kalkkimäärän. Tällöin ohjauslaitteiston suorittaman mittauksen mukaan kalkin määrä ei juurikaan siilossa muutu, kunnes siilon reunoilla ollut kalkki romahtaa alas. Tämän vuoksi myös vesistöön annosteltua kalkkimäärää tulee tarkkailla. Tämäkään tieto ei ole täysin tarkka, sillä muistiin tallennetaan annostelijan ohjausviestin perusteella laskettu annostelumäärä. Todellinen ruuviannostelijoissa annosteltu määrä saattaa poiketa ajoittain jonkin verran ohjausviestistä.

Venymäliuskojen avulla suoritettujen mittausten tarkkuuteen saattaa voimakkaan auringonpaiseen aiheuttama siilon osittainen lämpölaajeneminen. Tällöin siilon rakenteeseen syntyy jännityksiä, jotka aiheuttavat virheellisiä mittaustietoja. Virhe voidaan poistaa lämpöeristämällä siilo tai muuten suojaamalla se voimakkaalta auringonpaisteelta. Ongelma ei kuitenkaan ole oleellinen siilojen käyttöaikana, jolloin lämpötila ei yleensä kohoa korkeaksi.

### 3.6 Taajuusmuunnin

Annostelunopeutta voidaan säätää helpoimmin muuttamalla annosteluruuveja pyörittävän moottorin kierrosnopeutta taajuusmuuntimen avulla. Annosteluruuvien pyörittäykseen käytetyt moottorit ovat 0,75 - 2,0 kW:n tehoisia kolmivaihemoottoreita. Taajuusmuuntimia voidaan ohjata sähköisesti joko virta- tai jänniteviestillä. Lisäksi muuntajissa on analoginen ulostulo toiminnan seuraamiseksi. Muuntimiin voidaan ohjelmoida, millaista kierroslukua tietty virta-/jänniteviesti vastaa.

Annosteluyksikön välityssuhteet tulee valita siten, ettei moottorin kierroslukua tarvitse pitää tarpeettoman alhaalla, koska tällöin moottorin jäähdytyksessä saattaa ilmetä ongelmia. Moottorin laakerit saattavat vaurioitua lämmön johtuessa moottorin akselista kuoreen. Jos moottoria joudutaan kaikesta huolimatta pyörittämään alhaisella kierrosluvulla, on se varustettava erillisellä tuulettimella tarpeellisen jäähdytyksen turvaamiseksi.

Annostelunopeutta ei yleensä saada alkamaan täysin nollasta, sillä moottorin kierrosluvun on yleensä ylitettävä tietty kynnys ennen kuin syöttölaitteisto alkaa pyöriä. Tämä johtuu siitä, että moottorin vääntömomentti ei riitä pyörittämään annosteluruuveja alhaisimmilla kierrosluvuilla. Laitetoimittajilla on saatavissa myös moottoreita, jotka antavat täyden vääntömomentin myös hitailla pyörimisnopeuksilla.

Taajuusmuuntimen kotelointiluokaksi tulisi valita vähintään IP54. Sähköhäiriöiden vähentämiseksi taajuusmuunnin tulisi asentaa eri koteloon kuin ohjauslaitteisto. Asennuskaappi tulee varustaa sähkölämmityksellä kondensioveden muodostumisen estämiseksi. Laitteiden käyttölämpötila on yleensä 0 °C - 40 °C tai -20 °C - 40 °C. Varastointi voidaan suorittaa aina - 40 °C saakka. Laitteiden hinta riippuu taajuusmuuntimen tehosta. Ohjattaessa kahden kW:n moottoreita muuntimien hinnat vaihtelivat 5000 - 8500 mk välillä syksyllä 1991.

## 4 LAITTEISTON OHJAUS

Annosteluyksikön ohjaaminen voidaan toteuttaa joko logiikan tai säätimien avulla. Ruotsissa ja Norjassa ohjauslaite on toteutettu ohjelmoitavan logiikan avulla. Laitteistoa valittaessa on huomioitava myös tulevaisuuden tarpeet. Jos ohjauslaitteistoon halutaan tehdä muutoksia myöhemmin, mutta toimittajaa ei enää ole, joudutaan hankkimaan uusi laite vanhan tilalle. Ohjauslaitteiston tulisi olla muunneltavissa erilaisiin käyttötarkoituksiin.

Jos laitteiston toimittajalla on toimipiste käyttökohteen lähellä, voidaan alkuvaiheen kalibrointi sekä myöhemmät huollot hoitaa nopeasti ja vaivattomasti. Ongelmatilanteissa on apu myös helposti saatavilla.

Seuraavassa esitettyihin hintoihin on lisättävä antureiden ja tarvittavien vahvistimien hinnat. Hinnat ovat syksyiltä 1991.

### 4.1 pH-mittarin ja säätimen avulla toteutettu ohjaus

Annostelijan sähkömoottorin pyörimisnopeutta voidaan säätää ohjaamalla taajuusmuunninta pH- ja virtaamamittarilta saatavien viestien sekä säätimen avulla. Säätimen hinnat vaihtelevat toiminnoista riippuen 2500 - 5500 mk:n välillä. Mittausarvot voidaan tulostaa piirturilla, joiden hinnat vaihtelevat piirrettävien kanavien mukaan 7000 - 12000 mk:n välillä. Piirturitulostus ei ole kovin luotettava ja tiedot joudutaan tulkitsemaan käsin. Vaihtoehtoisesti mittautiedot voidaan kerätä elektroniseen tallentimeen, josta ne siirretään tietokoneelle myöhempää tarkastelua varten.

### 4.2 Ohjelmoitavan logiikan avulla toteutettu ohjaus

Markkinoilla on useita erilaisia logiikkapaketteja. Useimmat niistä ovat modulirakenteisia, jolloin niitä voidaan laajentaa haluttaessa laitteeseen uusia toimintoja. Kaikkiin logiikkoihin voidaan halutessa hankkia analogisia tai digitaalisia tuloja ja lähtöjä. Laitteisiin voidaan ohjelmoida erilaisia toimintoja ja käskyjä. Rajoittavin tekijä on usein mittaus- ja käyttötietojen tallentamiseen käytettävä muistikapasiteetti.

Useimmissa ohjausyksiköissä on tai niihin voidaan asentaa muistiyksikkö, johon voidaan tallentaa mittaus- ja käyttötiedot myöhempää tarkastelua varten. Ohjausyksikkö voidaan varustaa myös liikenneportilla, jonka kautta voidaan noutaa muistista tietoja sekä suorittaa tarpeelliset korjaukset ohjausparametreihin. Tiiviimmillään ohjausyksikkö on yksi laatikko, johon mittausarvot tulevat ja josta ohjausviesti lähtee ulos. Tällöin mukana on usein myös tarpeettomia toimintoja, jotka vain nostavat laitteiston hintaa. Toisaalta tällainen laite on helposti asennettavissa vaihteleviin kohteisiin ja ohjelmointi on melko helppoa.

Ohjausyksikkö voidaan koota myös tarvittavista moduleista, jotka kiinnitetään pohjalevyyn. Tällaisessa tapauksessa ostetaan vain sellaiset toiminnot, joita tullaan tarvitsemaan, eikä makseta tarpeettomista yksiköistä.



Kolmantena vaihtoehtona on keskusyksikön varustaminen tarpeellisilla apumoduleilla, jotka vastaavat esimerkiksi analogisista tuloista ja lähdöistä. Tällöin itse ohjelma ja logiikka ovat keskusyksikössä. Näin saadaan melko tarkasti haluttu laitekokonaisuus.

Taulukossa 2 on esitetty muutamia logiikkaesimerkkejä. Hinnat ovat suuruusluokkaa osoittavia eivätkä ne sisällä tarvittavien antureiden hintoja. Logiikkojen hintavertailu on vaikeaa, koska laitteistoihin sisältyvien toimintojen määrät voivat poiketa suuresti toisistaan.

### 4.3 Valmispaketin avulla toteutettu ohjaus

Ohjauslaite voidaan hankkia kokonaisuutena toimittajalta, joka tällöin toimittaa laitteen paikalleen asennettuna ja viritettynä. Näin oman työn osuus on mahdollisimman vähäinen ja käytettävissä on heti toimiva laite. Laitteiston muunneltavuus on kuitenkin huonompi kuin itseohjelmoitavan logiikan.

Tilattaessa laite toimittajalta valmispakettina saadaan juuri haluttu laite tarpeellisine varusteineen. Tällöin ei makseta turhista ominaisuuksista tai laitteista. Valmispaketin hintaluokka on 40000 - 50000 mk. Laitteiston hinta on samaa luokkaa kuin ostettaessa logiikkalaitteisto, joka ohjelmoidaan ulkopuolisella tekijällä. Laitteeseen myöhemmin tehtävät muutokset vaativat kuitenkin ulkopuolisen työntekijän tai asiantuntijan.

Etukäteen on huolellisesti suunniteltava laitteistolle asetettavat vaatimukset, sillä myöhemmin tehdyt muutokset saattavat olla hyvin työläitä tai mahdottomia, jolloin koko käytössä oleva yksikkö voidaan joutua vaihtamaan.

Taulukko 2. Ohjauslogiikkaesimerkkejä, hinnat syksyltä 1991.

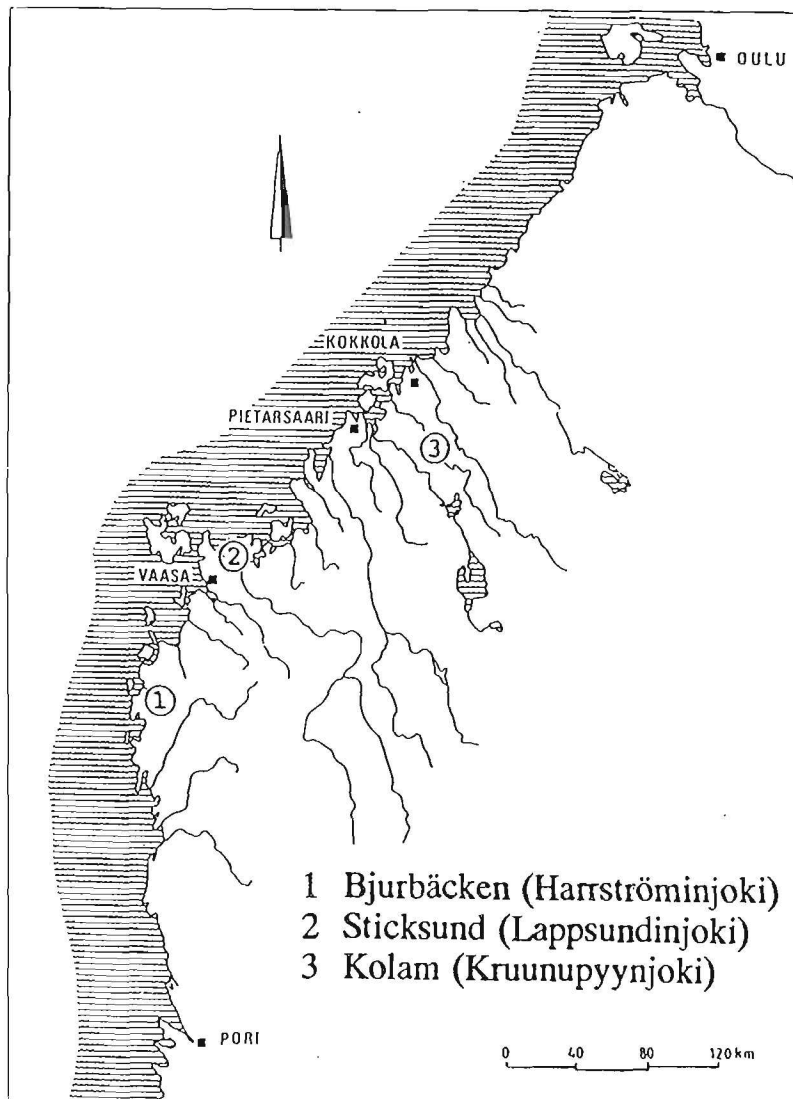
	STRÖMBERG	SATTCONTROL	LANDIS & GYR	ENVIC
Anal.tuloja	4	4	4	16
Anal.lähtöjä	2	2	1	1
Digit.tuloja	ei tässä kokoonpanossa	16	16	32
Liitännät	2 * RS232 RS485	RS232 RS485	RS232	PC-väylä kirjoitin releyksikkö
Muisti	8 k / 16 k EEPROM	32 k josta 14 k ohjel- mamuistia työmuisti 1024 paikkaa	16 k ohjelmointia tai 64 k tekstimuistia	400 näytettä/ kanava
Paikallis- pääte	Saatavana	Kuuluu laitteeseen	Saatavana	Kuuluu laitteeseen
Ohjelmointi	Toimittaja ohjelmoi pohjat, jotka ostaja tar- kentaa	Voidaan tehdä ulko- puolisella tai itse	Kahden henkilön kou- lutus sisältyy hintaan	
Rakenne	Moduli	Laatikko	Moduli	Laatikko
Muuta				Sis. modeemin ja kent- täkotelon
Hinta	10000	13000	7500	28000

## 5 SUOMESSA TOIMIVAT AUTOMATISOIDUT KALKITUSASEMAT

Vuonna 1992 maassamme oli käytössä kolme eriasteisella automatiikalla varustettua virtaavien vesien kalkitusasemaa. Näistä Bjurbäcken ja Sticksund sijaitsivat Vaasan sekä Kolam Kokkolan vesi- ja ympäristöpiirin toimialueella (kuva 2). Kaikki kolme asemaa neutraloivat happamilta sulfaattimailta tulevia valumavesiä.

### 5.1 Tekniset selostukset

Kaikki asemat ovat sähkökäyttöisiä kuiva-annostelijoita. Tekniseltä toteutukseltaan, automatiikaltaan ja ohjausperiaatteeltaan ne poikkeavat jossakin määrin toisistaan.



Kuva 2. Suomessa toimivien automatisoitujen kalkitusasemien sijainti.

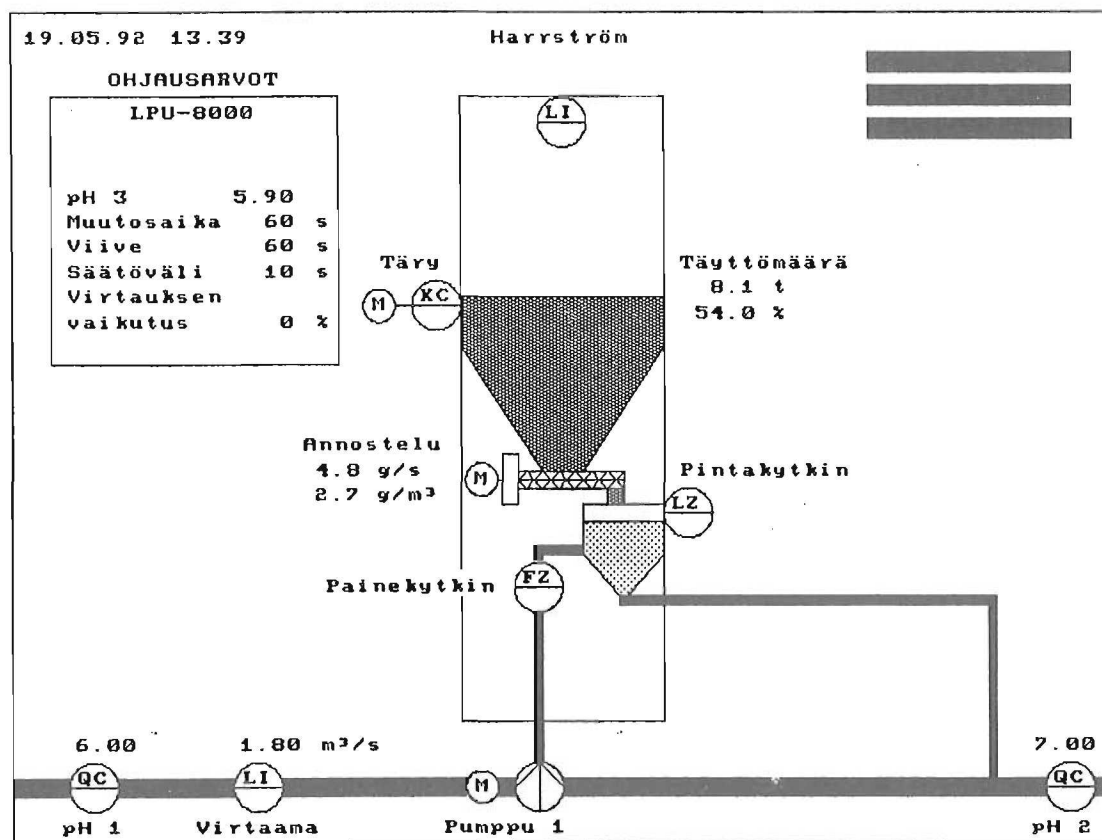
### 5.1.1 Bjurbäcken

Bjurbäckenin kalkitusasema koostuu vaihtolavarungolle rakennetusta siirrettävästä, 15 m<sup>3</sup> siilosta, sen alle rakennetusta annosteluysiköstä sekä siilon vieressä sijaitsevasta ohjauskeskuksesta (kuva 3). Asema soveltuu kaikkien jauhemaisten kalkkituotteiden annosteluun. Aseman omistaa Nordkalk Oy Ab, ja se on vuokrattu Vaasan vesi- ja ympäristöpiirille.

Siilo on maahan asti katettu ja kauttaaltaan eristetty. Se on varustettu tikkailla, turvakai-teilla ja tarkistusluukulla.

Annosteluysikkö koostuu neljästä rinnakkaisesta syöttöruuvista sekä niiden alle sijoitetusta kalkin ja veden sekoitussäiliöstä. Syöttöruuvit toimivat ketjuvälitteisesti 1,1 kW sähkömoottorilla, jonka pyörimisnopeutta ohjataan taajuusmuuntimen avulla. Syksyllä 1992 annosteliin asennettiin 1,5 kW:n moottori. Annostelukapasiteetti vaihtelee 5-100 g/s valitusta välityssuhteesta riippuen.

Sekoitussäiliön huuhteluvesi otetaan joen rannassa sijaitsevasta pumppauskaivosta uppo-pumpulla, jonka tuotto on noin 300 l/min.



Kuva 3. Bjurbäckenin kalkitusaseman prosessikuva (kaukovalvontaohjelmasta), jossa on esitetty käyttötilanne 19.05.1992 klo 13.39.

Häiriöttömän toiminnan takaamiseksi kalkitusasema on varustettu seuraavilla, käyttövarmuutta lisäävillä oheislaitteilla:

- siilon kartioon rakennettu ajastinohjattu tärypohja, joka estää kalkin holvaantumisen
- annosteluruuvien ja sekoitussäiliön väliin asennettu mekaaninen sulkupelti, joka estää kalkin läpivalumisen tyhjää siiloa täytettäessä
- sekoitussäiliön yläosassa sijaitseva pintakytkin, joka pysäyttää annostelun säiliön täyttyessä käyttöhäiriön yhteydessä
- tulovesiputkeen asennettu painekytin, joka pysäyttää aseman, jos huuhteluveden paine on liian pieni
- siiloon asennettu kapasitiivinen vaijerianturi, joka antaa tiedon siilon täyttöasteesta.

Kalkitusaseman toimintaa ohjaa ja valvoo erillinen ohjauskeskus oheislaitteineen. Keskus koostuu seuraavista yksiköistä:

- mikroprosessoripohjainen LPU 8000 keskusyksikkö, jonka tehtävänä on annostelun ohjaus, mittaustietojen käsittely ja tallennus
- kaksi jokeen asennettua pH-anturia, joilla suoritetaan vesistön pH-arvon mittaukset annostelupisteen ylä- ja alapuolelta
- akustinen pinnanmittauslaite, jolla suoritetaan vesistön pinnankorkeuden mittaus
- modeemi ja NMT-puhelin, jonka kautta kaukovalvontayhteydet hoidetaan

### 5.1.2 Sticksund

Sticksundin kalkitusasema koostuu kiinteästä 20 m<sup>3</sup> terässiilosta, siilon alla sijaitsevasta annosteluyksiköstä, jonka kapasiteetti on 5-150 g/s, sekä siilon viereen sijoitetusta ohjauskeskuksesta (kuva 4). Asema soveltuu kaikkien jauhemaisten kalkkituotteiden annosteluun, ja sen omistaa Vaasan vesi- ja ympäristöpiiri.

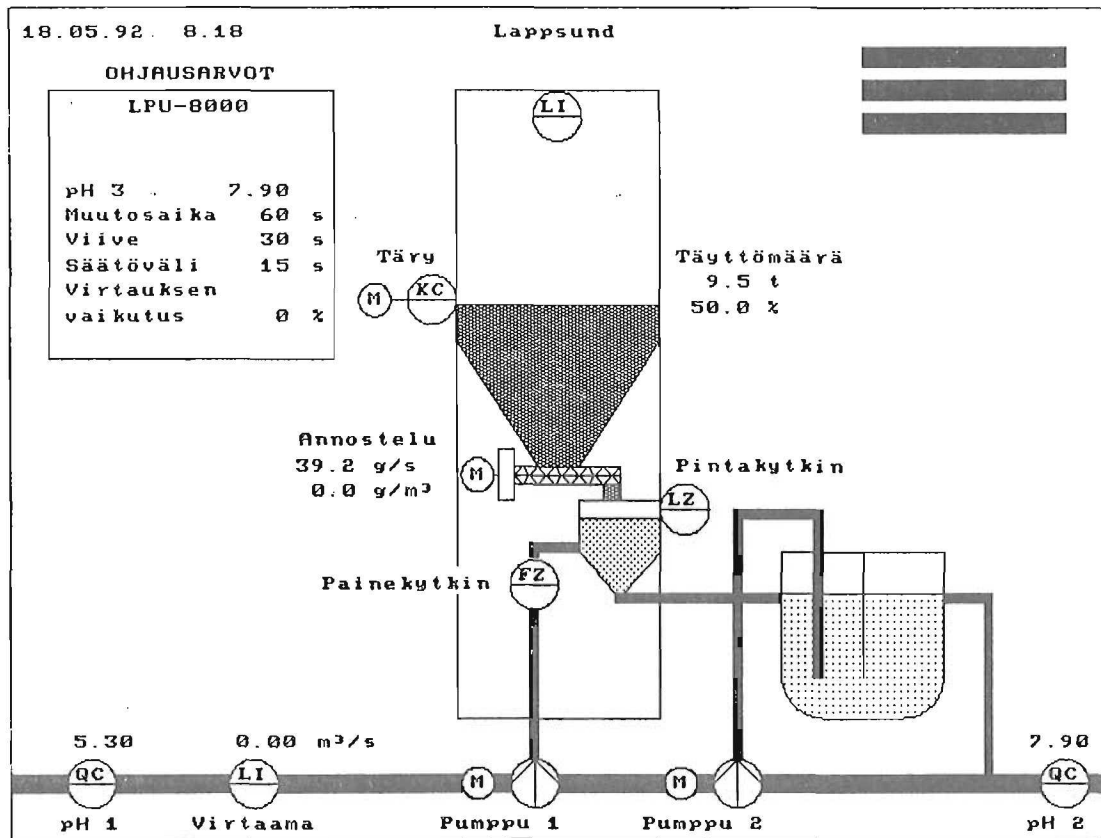
Teknisesti kalkitusasema eroaa Bjurbäckenin asemasta seuraavasti:

- siilo on eristämätön
- kalkin holvaantumista estää siilon pohjakartion ulkoseinään asennettu ajastinohjattu täry (ei tärypohjaa)
- sekoitussäiliöstä kalkkimaito johdetaan väliseinällä varustettuun sekoituskaivoon, johon lisävesi johdetaan uppopumpulla
- pH-anturit on sijoitettu erillisiin mittaускаivoihin
- vesistön pinnankorkeus mitataan ultraäänimittarilla
- kaukovalvontayhteydet hoidetaan yleisen puhelinverkon kautta.

Keväällä 1992 Sticksundin kalkitusaseman viereen asennettiin 15 m<sup>3</sup> lisäyksikkö, jonka omistaa Nordkalk Oy Ab. Lisäyksikkö on kytketty osittain pääyksikön automatiikan yhteyteen, mutta ei kaukovalvontaan. Yksikön annostelutekniikka on sama kuin muilla asemilla, mutta sekoitussäiliön sijasta kalkki annostellaan suoraan annosteluruuvien alapuolella olevaan sekoituskaivoon. Lisäyksikön tehtävänä on varmistaa riittävä neutralointitulos, jos:

- pääyksikön kalkki pääsee loppumaan

- pääyksikköön tulee tekninen vika
- pääyksikön kapasiteetti ei riitä.



Kuva 4. Stick Sundin kalkitusaseman prosessikuva (kaukovalvontaohjelmasta), jossa on esitetty käyttötilanne 18.05.1992 klo 08.18.

### 5.1.3 Kolam

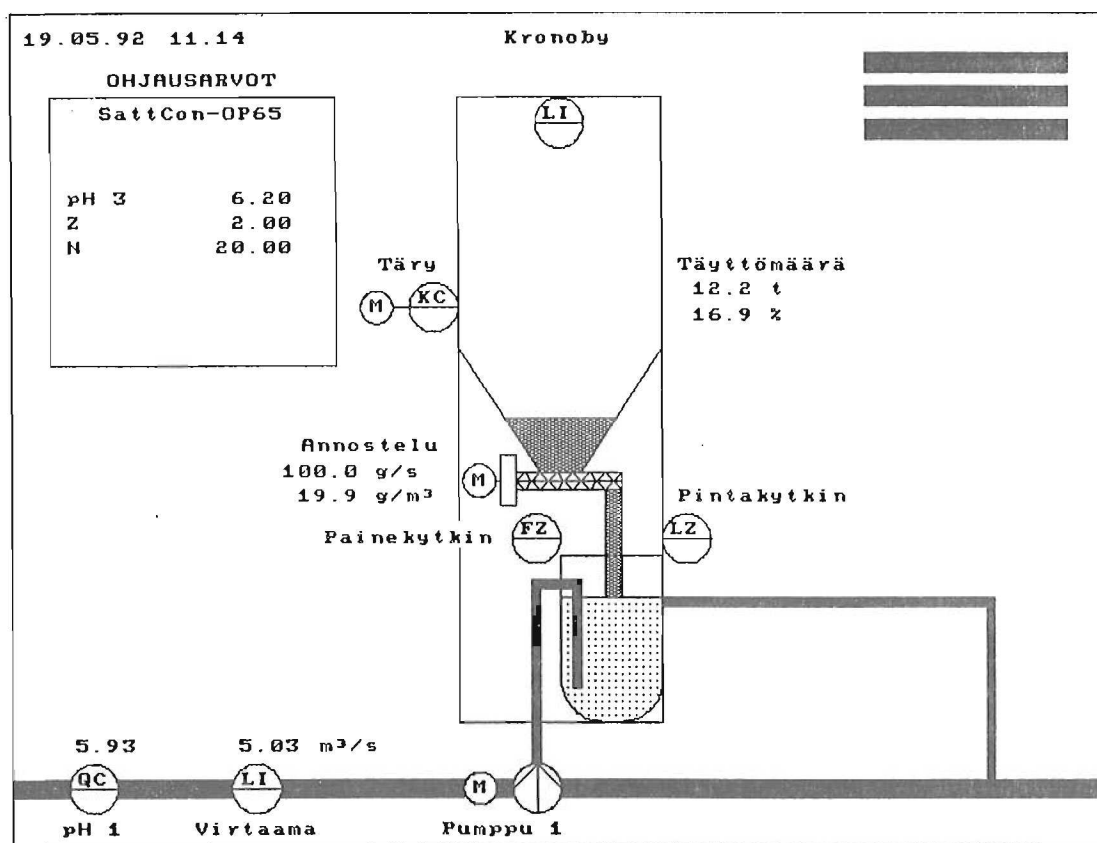
Kolamin kalkitusasema on tekniseltä toteutukseltaan verrattavissa Bjurbäckenin ja Stick Sundin asemiin. Asema on tarkoitettu käyttämään ainoastaan karbonaattipohjaisia neutralointiaineita, eikä se sovellu tekniseltä ratkaisultaan poltetun kalkin (CaO) annosteluun. Asema koostuu 60 m<sup>3</sup> eristämättömästä terässiilosta, annosteluyksiköstä ja erillisestä ohjauskeskuksesta (kuva 5). Aseman omistaa Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiri.

Edellä mainituista kalkitusasemista Kolamin asema eroaa seuraavasti:

- annostelu tapahtuu yhdellä syöttöruuvilla, jonka kapasiteetti on 100-600 g/s
- sekoitussäiliön tilavuus on suurempi kuin edellä esitetyissä
- annostelu- ja sekoitusyksikkö on rakennettu kalkkikivijauheen annostelua varten
- siilon täyttöaste mitataan ultraäänien avulla
- mittauskaivoon asennetulla pH-anturilla mitataan aseman yläpuolelta tulevan veden pH-arvo, jonka perusteella asemaa ohjataan

- kalkitustulos rekisteröidään 800 m aseman alapuolella läpivirtausarmatuurilla varustetulla pH-mittarilla
- toimintaa ohjaa SattCon OP65 ohjelmoitava keskusyksikkö

Yhteenveto tarkasteltavien kalkitusasemien tärkeimmistä teknisistä ratkaisuista sekä laiteominaisuuksista on esitetty taulukossa 3.



Kuva 5. Kolamin kalkitusaseman prosessikuva (kaukovalvontaohjelmasta), jossa on esitetty käyttötilanne 19.05.1992 klo 11.14.

Taulukko 3. Yhteenvedo kalkitusasemien teknisestä totutuksesta, suluissa on esitetty laitetoimittajat.

	Bjurbäcken	Sticksund	Kolam
SIILO	15 m <sup>3</sup> , eristetty, siirrettävä (vaihtolavarunko), normaali siilovarustus [1]	20 m <sup>3</sup> , eristämätön, kiinteä, normaali siilovarustus [1]	60 m <sup>3</sup> , eristämätön, kiinteä, normaali siilovarustus [2]
ANNOSTELJA	Ruuvipohja (4 rinnakkaista ruuvia) [1] 3-vaihesähkömoottori 1,1 kW [3]	Ruuvipohja (4 rinnakkaista ruuvia) [1] 3-vaihesähkömoottori 1,5 kW + hydrostaattinen variaattori [3]	Syöttöruuvi [2] 3-vaihesähkömoottori 1,1 kW
SEKOITUSSÄILIÖ	0,1 m <sup>3</sup> , annostelijan alla [1]	0,1 m <sup>3</sup> , annostelijan alla [1]	1,0 m <sup>3</sup> , annostelijan alla [2]
Huuhteluvesi	Tangentiaalinen kolmipistesyöttö uppopumppu 18 m <sup>3</sup> /h [4]	Tangentiaalinen kolmipistesyöttö uppopumppu 22 m <sup>3</sup> /h [4]	Tangentiaalinen yksipistesyöttö uppopumppu 48 m <sup>3</sup> /h
Rajakytkimet	Pintakytkin SET/HST + vahvistin SET-1 [5] Painekeytkin [16]	Pintakytkin SET/HST + vahvistin SET-1 [5] Painekeytkin [16]	Pintakytkin Painekeytkin [16]
LIUOTUSKAIVO	Ei ole	1 m <sup>3</sup> , alhaalta avoin väliseinä, uppopumppu 25 m <sup>3</sup> /h [4]	Ei ole
MITTAUKSET			
pH	Anturi GLI 6428PO + 2-lankalähetin + taajuusviestimunnin MET 500 IF [5]	Anturi GLI 6428PO + 2-lankalähetin + taajuusviestimunnin MET 500 IF [5]	Contronic 90 [6] + anturi I-200 + kellunta-armatuuri
Virtaama	Anturi GLI 6028PO + vahvistin GLI 671 P [5]	Anturi GLI 6028PO + vahvistin GLI 671 P [5]	Airanger DPL 41 [7] + ultraäänianturi ST 25b + lämpötila-anturi TS-2
Kalkkimäärä	Akustinen anturi 8601-TH [5]	Ultraäänianturi 8175-T [5]	Venymäliuska-anturi GZ-10-02 + lähetin IMS-03-116/A [17]
	Kapasitiivinen vajerianturi MET/KAS + vahvistin MET 500 F [5]	Kapasitiivinen vajerianturi MET/KAS + vahvistin MET 500 F [5]	
OHJAUS			
Automaatiikka	Keskusyksikkö LPU 8000 [5]	Keskusyksikkö LPU 8000 [5]	Keskusyksikkö SattCon OP65 [8] + laajennusyksiköt + oheislaitteet
Käsiohjaus	Taajuusmuunnin Hitachi Freqrol-K [9]	Taajuusmuunnin Var-Spe RCF [3]	Taajuusmuunnin Combivert 56 [10]
TIEDONVÄLTYS			
Modeemi	ECM QUAD [11]	ECM QUAD [11]	ECM QUAD [11]
Verkko	NMT-verkko, puhelin Nm10 [12]	Yleinen puhelinverkko	Yleinen puhelinverkko
Kaukovalvontaohjelina	On [13]	On [13]	On [13]
YLIJÄNNITESUOJAUS	Mittaus- ja ohjauslaitteiden sisäinen suojaus (sisältyy toimitukseen)	Mittaus- ja ohjauslaitteiden sisäinen suojaus (sisältyy toimitukseen)	UPS + verkkoliitännän suojaus modeemille ja tulostimelle [13,14] Puhelinlinjan suojaus [15]

[1] Nafec Oy, [2] Mesmec Oy, [3] Konaflex Oy, [4] Sarlin Oy, [5] Oy Labkotec Ab, [6] Hyxo Oy, [7] Millfinn Oy Ab, [8] Sattcontrol Oy, [9] Urho Tuominen Oy, [10] Esmac Oy, [11] Nokia Datasiirto, [12] Ericsson, [13] Modsoft Ab, [14] Pantek Oy, [15] Posti ja tele, [16] Oy Danfoss Ab, [17] SM Komponentit

## 5.2 Toimintakuvaukset

Kalkkituotteiden annostelun osalta kalkitusasemat eivät oleellisesti poikkea toisistaan. Kalkkimäärä annostellaan volymetrisesti ruuviannostelijalla säiliöön, jossa se sekoitetaan mahdollisimman tehokkaasti veteen. Syntynyt kalkkimaito johdetaan painovoiman avulla putkea pitkin annostelupisteeseen. Sticksundin asemalla kalkin liukenemista on tehostettu sekoitussäiliön jälkeisellä erillisellä sekoituskaivolla.

Kaikilla asemilla on yhdenmukainen häiriökytkentä sekoitussäiliön ylitäytön ja säiliöön tulevan huuhteluveden syöttöhäiriön varalta. Jos sekoitussäiliöstä lähtevä putki tukkeutuu ja säiliö täyttyy, sen yläosassa oleva pintakytkin pysäyttää koko aseman mittaus toimintoja lukuunottamatta. Näin tapahtuu myös, jos huuhteluveden pumppaukseen tulee häiriö. Kaikki asemat on varustettu sekä käsisäädöllä että automaattiohjauksella. Koska käsisäätö on toteutettu samalla tavalla eli taajuusmuuntimen avulla jokaisella asemalla, tässä käsitellään ainoastaan asemien toimintaa automaattiohjauksella.

### 5.2.1 Bjurbäcken

Bjurbäckenin kalkitusaseman toimintaa säädetään ohjauskeskukseen asetettavilla pH-rajoilla. Rajoja on kolme, joista kaksi ensimmäistä ovat releasetuksia ja kolmas keskusyksikköasetus:

- alaraja: vesistön pH-arvon alittaessa alarajan kalkitusasema käynnistyy
- yläraja: vesistön pH-arvon ylittäessä ylärajan kalkitusasema pysähtyy
- tavoite-pH-arvo: vesistön pH-arvo, johon kalkin annostelulla pyritään

Aseman alapuolinen pH-anturi, joka sijaitsee noin 70 m annostelupisteen alapuolella, välittää keskusyksikölle tiedon vesistön pH-arvosta kalkin annostelun jälkeen. Tämän perusteella keskusyksikkö säättää annostelumäärää eli syöttöruuvien pyörimisnopeutta. Jos pH-arvo alapuolisella anturilla jostakin syystä ylittää asetetun ylärajan (varmuusrajan), annostelu pysähtyy.

Keskusyksikön annostelun ohjaus perustuu PI-säätöön Ziegler-Nicholsin mukaan. Kaikki aseman toimintaan liittyvät parametrit voidaan asettaa keskusyksikön näppäimistöltä. Asetettavien säätöparametrien (muutos aika, viive, säätöväli) avulla annostelun ohjaus pyritään saamaan mahdollisimman tarkaksi eli vesistön pH-arvo annostelun jälkeen mahdollisimman lähelle asetettua tavoitearvoa. Parametrien oikean valinnan avulla estetään vesistön pH-tason liiallinen vaihtelu tavoite-pH-arvon ympärillä.

Keskusyksikkö tallentaa muistiinsa kaikki ohjaukseen liittyvät asetusarvot ja antureilta tulevat mittausarvot (pH ennen ja jälkeen, virtaama, siilon täyttöaste) sekä keskusyksiköltä annostelijalle lähtevään viestiin perustuvan annostelumäärän. Arvot tallennetaan kahden tunnin keskiarvoina.

Aseman toiminnan seuraamiseksi ja ohjauksen helpottamiseksi on kehitetty erillinen kaksisuuntainen tiedonsiirto- ja kaukovalvontaohjelma. Ohjelma perustuu NMT-verkon kautta tapahtuvaan modeemivälitteiseen liikennöintiin. Etäispäätteeltä (henkilökohtainen tietokone) voidaan tarkistaa aseman tilanne yhteydenottohetkellä, muokata aseman



ohjausparametreja sekä noutaa tallennetut tilastotiedot aseman keskusyksiköltä. Samalla saadaan tieto mahdollisista häiriötilanteista.

Asemalta siirrettävät tilastotiedot tallentuvat automaattisesti omaksi tiedostoksi hakijan tietokoneelle. Tietoja voidaan tarkastella sekä graafisesti että taulukkomuodossa (kuvat 6 ja 7). Tilastotiedot voidaan muokata myös ASCII-tiedostoiksi, jolloin niitä voidaan käsitellä muilla grafiikka- ja taulukkolaskentaohjelmilla (taulukko 4).

## 5.2.2 Sticksund

Sticksundin kalkitusasema ei toimintaperiaatteeltaan eroa merkittävästi Bjurbäckenin asemasta. Suurimmat erot Bjurbäckenin asemaan verrattuna ovat kalkin liuotustekniikassa, pH-mittauksessa sekä tiedonsiirrosta. Sticksundin kalkitusasemalla tiedonsiirto aseman keskusyksikön ja etäispäätteen välillä tapahtuu yleisen puhelinverkon kautta.

Annosteltu kalkki huuhdellaan sekoitussäiliöstä siilon ulkopuolella sijaitsevaan betonirenkaista tehtyyn sekoituskaivoon, joka on jaettu kahtia alhaalta auki olevalla väliseinällä. Aseman puoleiseen osaan huuhteluveden lisäksi pumpattavan liuotusveden aiheuttama turbulenssi parantaa kalkin sekoittumista ja liukenemista. Syntynyt kalkkimaito kulkee väliseinän alta kaivon toiseen osaan ja siitä edelleen ylivaluntana jakoputkea pitkin jokeen.

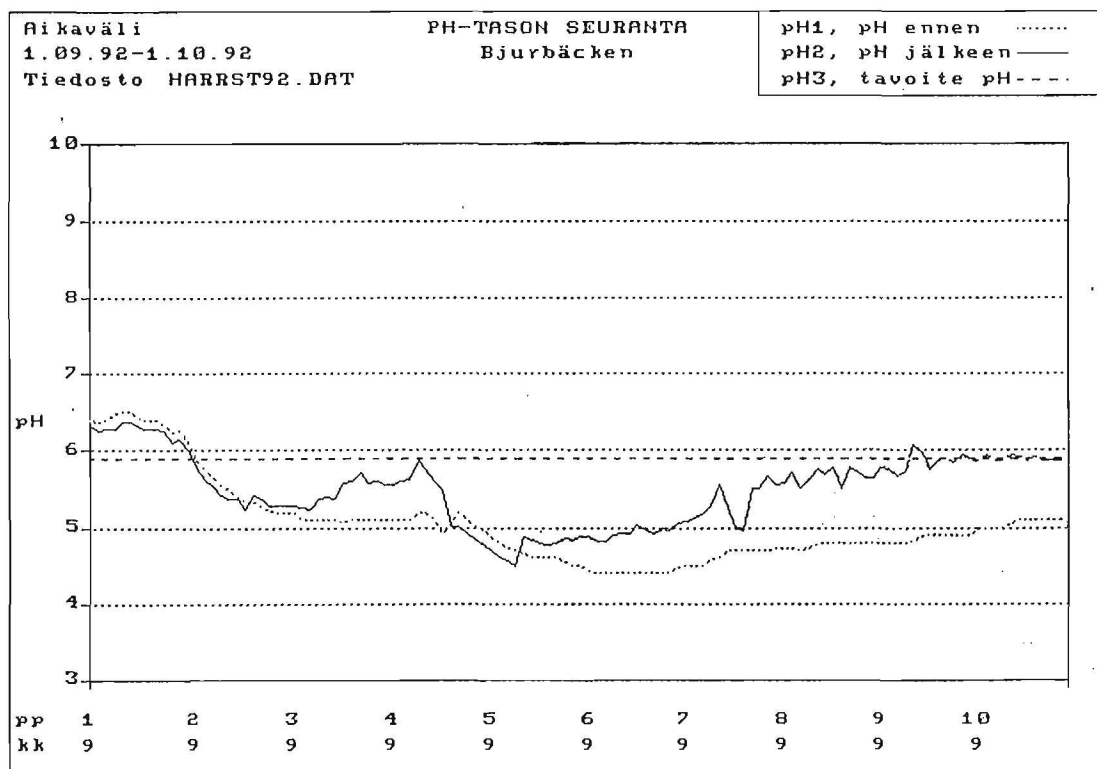
Aseman pH-anturit on asennettu kahteen eristettyyn mittauskaivoon, mikä mahdollistaa ympärivuotisen pH-seurannan. Yläjuoksun puoleinen kaivo sijaitsee noin 20 m ja alapuoleinen kaivo noin 50 m annostelupisteestä. Kaivojen veden vaihto on toteutettu uppopumpuilla. Yläjuoksun puoleisesta mittauskaivosta pumpataan vesi sekoitussäiliöön ja sekoituskaivoon. Alajuoksun puoleisen kaivon vesi kierrätetään takaisin jokeen.

Taulukko 4. Esimerkki tilastotietojen tiedostotulosteesta. Listauksessa Kolamin kalkitusaseman käyttötietoja 05.06.1992 ja 07.09.1992 väliseltä ajalta. Annostelun jälkeinen pH-mittari (pH2) kytkemättä.

Tilastotietojen tulostus								
Kalkitusasema : Kolam			Vesistö : Kruunupyynjoki					
Paikkakunta : Kruunupyy			Tiedosto : KRONOB92.DAT					
pvm/klo	Annos g/s	Siilo tn	Q m3/s	pH1	pH2	pH3	Z	N
18.00	152	39.8	22.9	5.39	1.99	5.60	2.00	15.00
21.00	156	39.8	23.1	5.39	1.99	5.60	2.00	15.00
21.00	156	39.8	23.1	5.39	1.99	5.60	2.00	15.00
6.09.92								
0.00	152	38.6	23.4	5.42	1.99	5.60	2.00	15.00
3.00	144	35.1	23.9	5.42	1.99	5.60	2.00	15.00
6.00	144	33.9	24.1	5.42	1.99	5.60	2.00	15.00
9.00	136	32.4	24.4	5.42	1.99	5.60	2.00	15.00
12.00	136	30.0	24.6	5.42	1.99	5.60	2.00	15.00
15.00	136	29.2	24.8	5.42	1.99	5.60	2.00	15.00
18.00	136	27.3	25.0	5.42	1.99	5.60	2.00	15.00
21.00	120	26.5	24.8	5.46	1.99	5.60	2.00	15.00
7.09.92								
0.00	108	23.4	24.8	5.46	1.99	5.60	2.00	15.00
3.00	100	26.5	24.6	5.50	1.99	5.60	2.00	15.00
6.00	100	29.6	24.6	5.50	1.99	5.60	2.00	15.00
9.00	100	36.3	24.6	5.54	1.99	5.60	2.00	15.00
12.00	100	20.7	24.6	5.58	1.99	5.60	2.00	15.00
15.00	0	20.3	24.5	5.62	1.99	5.60	2.00	15.00

Tilastotietojen selailu											
Pikahaku (pp.kk.vv)			Aikaväli 1.09.92-15.10.92 (pp.kk.vv)								
Asema Bjurbäcken			Vesistö Harrströmin joki Tiedosto HARRST92.DAT								
Pvm	Klo	Annos g/s	Siilo tn	Q m3/s	pH1	pH2	pH3	MA s	VI s	SV s	VV %
10.09.92	4.00	23	5.3	0.0	5.00	5.94	5.90	60	60	10	0
10.09.92	6.00	20	5.3	0.0	5.00	5.88	5.90	60	60	10	0
10.09.92	8.00	23	5.3	0.0	5.00	5.87	5.90	60	60	10	0
10.09.92	10.00	20	5.3	0.0	5.07	5.95	5.90	60	60	10	0
10.09.92	12.00	14	5.4	0.0	5.10	5.92	5.90	60	60	10	0
10.09.92	14.00	17	5.4	0.0	5.10	5.89	5.90	60	60	10	0
10.09.92	16.00	11	5.4	0.0	5.10	5.93	5.90	60	60	10	0
10.09.92	18.00	14	5.3	0.0	5.10	5.89	5.90	60	60	10	0
10.09.92	20.00	14	5.3	0.0	5.10	5.89	5.90	60	60	10	0
10.09.92	22.00	15	5.3	0.0	5.10	5.89	5.90	60	60	10	0
11.09.92	0.00	16	5.3	0.0	5.17	5.90	5.90	60	60	10	0
11.09.92	2.00	14	5.3	0.0	5.20	5.90	5.90	60	60	10	0
Valitse pikahaku tai siirrä kohdistinta ↑ ↓ PgUp PgDn Esc-Lopetus F2-Aikaväli F5-Varmuuskopiointi F6-Tulostus F7-Muunnos F8-Kuva											

Kuva 6. Esimerkki kaukovalvontaohjelman tilastotietojen taulukkomuotoisesta tulosteesta. Virtaama ja siilontäyttöaste eivät ole tallentuneet oikein.



Kuva 7. Esimerkki kaukovalvontaohjelman tilastotietojen graafisesta tulosteesta. Kuvassa on Bjurbäckenin pH-havainnot ennen ja jälkeen kalkitusasemaa

### 5.2.3 Kolam

Kolamin kalkitusasema ei annostelutekniikaltaan poikkea muista tarkasteltavista asemista. Annostelun ohjauksessa on kuitenkin oleellisia eroja. Tavoitteena on neutraloida jokivesi ja muodostaa siihen niin hyvä puskurikyky, etteivät annostelupisteen alapuolelta jokeen tulevat happamat valumavedet laske alapuolisen Luodonjärven pH-tasoa liian alhaiseksi.

Asetettu neutralointitavoite huomioiden Kolamin kalkitusaseman annostelua ohjataan joen virtaaman ja tulevan veden pH-arvon mukaan. Virtaama havainnoidaan mittaamalla uoman vedenkorkeus läheisen maantiesillan kohdalta ja pH-arvo annostelupisteen yläpuolelle rakennetusta mittauskaivosta. Annostelijan alapuolinen pH-mittari asennettiin syksyllä 1992 kalkitustuloksen seuraamista varten. Tämä alapuolinen pH-mittari ei ohjaa kalkitusaseman toimintaa.

Virtaama ja yläpuolinen pH-arvo välittyvät mittaviesteinä automaattisesti aseman ohjauslogiikalle. Annostelumäärän laskemiseksi logiikka vaatii myös seuraavat tiedot:

- pH-asetusarvo: arvon alitus mittauspisteessä käynnistää ja ylitys pysäyttää annostelun
- veden ominaisneutralointitarve
- alavirtakerroin: kerroin huomioi happamien sivuvesien määrän annostelupisteen alapuolella

Edellä mainitut asetusravot syötetään ohjauslogiikalle joko keskusyksikön omalta näppäimistöltä tai etäispäätteeltä. Valituilla asetuksilla voidaan suoraan vaikuttaa annostelumäärään.

Asema käynnistyy, kun mitattu pH-arvo tulevassa vedessä alittaa asetusravon 0,05 yksiköllä ja pysähtyy vastaavasti, kun asetusravvo ylittyy 0,05 yksiköllä. Valittu viive tasaa aseman käyntiä asetusravvon ympärillä (estää pH-arvon pienistä heilahduksista johtuvan päälle-pois-kytkeytymisen).

Muiden kalkitusasemien tapaan Kolamin asema pysähtyy, jos sekoitussäiliön pintakytkin tai huuhteluveden painekytke ilmoittaa käyttöhäiriöstä. Lisäksi asema pysähtyy automaattisesti, kun siilossa oleva kalkki loppuu.

Aseman ohjauslogiikka tunnistaa 28 erilaista hälytystietoa. Jokainen hälytys tulostuu automaattisesti aseman omalle kirjoittimelle. Voimassa olevat hälytykset siirtyvät myös etäispäätteelle otettaessa yhteyttä asemaan modeemin välityksellä.

Kalkitusaseman keskusyksikkö tallentaa kaikki mittaus- ja ohjausparametrit joko kolmen tai kuuden tunnin keskiarvoina. Ohjelman muistiin mahtuu 17 päivän tiedot kolmen tunnin tallennusvälein ja 35 päivän tiedot kuuden tunnin tallennusvälein. Tallennetut tiedot voidaan tulostaa myös aseman omalle kirjoittimelle.

## 5.3 Käyttökokemukset

Tarkasteltavien kalkitusasemien automatisointityöt on saatu päätökseen vuoden 1992 aikana. Tästä johtuen automaattiohjaukseen liittyviä käyttökokemuksia on melko vähän. Käsiohjauksella suoritettu annostelu on kuitenkin antanut melko luotettavan kuvan asemien teknisestä toimivuudesta.

### 5.3.1 Bjurbäcken

Bjurbäckenin asema asennettiin keväällä 1992 torjumaan alueella toteutettavasta kuivatushankkeesta aiheutuvat happamoitumishaitat. Kalkitusasema on käytössä vuosittain huhtikuun 15. ja syyskuun 15. päivien välisenä aikana. Tähän mennessä asemaa on ainoastaan koekäytetty, sillä haitallisen alhaisia pH-arvoja on mitattu vain lyhytaikaisesti.

Koekäytön yhteydessä annostelijan toiminnassa esiintyi häiriöitä alhaisilla kierrosnopeuksilla. Muuttamalla annosteluruuvien välityssuhdetta sekä vaihtamalla annostelijan sähkömoottori suurempaan (1,5 kW) ongelma saatiin korjattua.

Koeajon alussa huuhteluvettä ei tullut tarpeeksi, koska pumppauskaivo ei täyttynyt pumppauksen edellyttämällä nopeudella.

Aseman pH-mittarien toiminnassa esiintyi alussa jatkuvia häiriöitä. Vika korjaantui pH-mittareita vaihtamalla. Jännitepiikki on kerran rikkonut pH-vahvistimen. Antureiden puhdistuksen ja kalibroinnin merkitys on myös tullut selvästi ilmi. pH-anturit likaantuvat helposti, jolloin niiden mittaustulos saattaa heittää kokonaisella pH-yksiköllä. Tämän johdosta anturit on puhdistettava viikottaisen rutiinitarkastuksen yhteydessä.

pH-anturit on sijoitettu uppoasenteisesti uomaan, mikä hankaloittaa antureiden huoltamista ja kalibrointia. Antureiden sijoittamista kellunta-armatuureihin on harkittu huollon ja kalibroinnin helpottamiseksi. pH-mittarit sijoitetaan laitekaapin etupaneeliin, jolloin niiden seuraaminen ja säätäminen on helpompaa kuin nykyisin.

Aseman virtaaman mittaus, joka on suoritettu akustisesti, muutetaan toimimaan ultraäänen avulla.

Aseman tietoliikenne on tarkkailujakson aikana toiminut hyvin. Tämä on huomionarvoista, sillä Bjurbäcken on ainoa NMT-verkkoa käyttävä asema.

Kalkitusaseman käyntiajasta, vuosihuollosta, korjauksista ja eräiltä osin myös valvonnasta vastaa laitteiston omistaja vuokrasopimuksen mukaisesti. Aseman käytöstä ja sen ohjausarvoista päättää Vaasan vesi- ja ympäristöpiiri. Normaaliajoon liittyvästä käyttöhuollosta vastaavat paikalliset tahot erillisen ohjelman mukaan.

Esimerkki aseman toiminnasta ilmenee kuvasta 6. Asema käynnistyi toinen päivä syyskuuta, kun tulevan veden pH-arvo laski alle asetusrvon 5,3. Tämän jälkeen aseman jälkeisen kalkitun veden pH-arvo hakeutui kohti asetettua neutralointitavoitetta 5,9. Asemalla oli annostelulaitteessa syöttöhäiriö syyskuun neljännen ja viidennen

päivän välisenä aikana. Korjauksen jälkeen aseman alapuolisen veden pH-arvo hakeutui jälleen kohti tavoitearvoa.

### 5.3.2 Sticksund

Sticksundin kalkitusaseman automaattiohjausta koekäytettiin syksyllä 1991. Aseman sijainti rannikon tuntumassa vaikeuttaa automatiikan toimintaa, sillä meriveden korkeuden vaihtelut häiritsevät usein joen virtausolosuhteita. Tällöin ohjausyksikkö ei pysty tulkitsemaan aseman jälkeisestä pH-mittauksesta tulevaa palautetta annostelijan säädön kannalta oikein. Tuloksena on veden pH-arvon voimakkaat heilahtelut asetusarvon ympärillä. Pääsääntöisesti asemaa onkin käytetty käsisäädöllä. Aseman ohjausominaisuuksia ja teknistä toimivuutta on koevuosien aikana kertyneiden kokemusten perusteella paranneltu useaan otteeseen.

Aikaisemmin vakavimmat ongelmat syntyivät sekoitussäiliön huuhteluveden syötössä esiintyneiden häiriöiden yhteydessä. Tällöin sekoitussäiliö ja siitä lähtevät putket tukkeutuivat liian pienestä huuhteluvesimäärästä johtuen. Koska Sticksundin asemalla käytetään voimakkaasti veden kanssa reagoivaa ja lämpöä muodostavaa poltettua kalkkia, tukokset johtivat pahimmillaan putkistojen muoviosien sulamiseen. Tärkeimmät täydennys- ja muutostyöt ovatkin liittyneet sekoitussäiliön toimintavarmuuden parantamiseen:

- huuhteluvesi johdetaan säiliöön tangentiaalisena 3-pistesyöttönä (säiliössä olevat suuttimet tulisi pystyä irrottamaan puhdistusta tai vaihtoa varten)
- huuhteluvesi pumpataan erillisestä mittauskaivosta pumpun roskaantumisen estämiseksi
- huuhteluveden määrää rekisteröivän painekeytkimen ja sekoitussäiliön täyttöastetta mittaavan pintakeytkimen hälytykset pysäyttävät annostelijan ja vesipumput
- annostelijalta sekoitussäiliöön johtavaa putkea on laajennettu tukkeutumisen riskin pienentämiseksi.

Annostelutekniikan toimintavarmuus onkin vuoden 1992 käytön aikana ollut lähes moitteetonta. Kalkitusaseman pH-mittauksessa on esiintynyt saman tyyppisiä ongelmia kuin Bjurbäckenin asemalla. Lisäksi neutraloitua jokivettä on alhaisen sekä käänteisen virtaaman yhteydessä virrannut aseman yläpuoliseen mittauskaivoon, jolloin kalkitusasemalle tulevasta vedestä on saatu virheellisiä pH-arvoja. Tämän johdosta kaivon täyttöputken tulisi toimia kellukkeilla.

Määräajoin toistettava antureiden puhdistus ja kalibrointi on havaittu mittausvarmuuden ja aseman ohjauksen kanalta välttämättömäksi.

Sticksundin kalkitusaseman automatisointi oli ensimmäinen laatuaan maassamme. Ohjaukselle asetetut vaatimukset muuttuivat useaan otteeseen, mikä aiheutti ongelmia laitetoimittajalle. Keskusyksikön (LPU 8000) nopea uudelleenohjelmointi muuttuneita ohjaus- ja tiedonsiirtovaatimuksia vastaavaksi vaikutti erityisen vaikealta. Aseman ja etäispäätteiden välinen tietoliikenne on alkuvaikeuksien jälkeen toiminut melko luotettavasti. Esiintyneet katkot ovat johtuneet keskusyksikön toimintahäiriöistä.

Aseman käyttö ja valvonta on Vaasan vesi- ja ympäristöpiirin vastuulla. Viikottaisista rutiinitarkistuksista ja huoltotoimenpiteistä sekä pienemmistä korjauksista vastaa paikallinen yrittäjä.

### 5.3.3 Kolam

Kolamin kalkitusaseman automatisointi valmistui toukokuussa 1992. Kevään ja kesän aikana kalkitustarve oli vähäinen, mutta elo- ja syyskuussa Kruunupyynjokea kalkittiin voimakkaiden sateiden johdosta runsaasti.

Asennus- ja koekäyttövaiheessa esiintyneiden laitehäiriöiden jälkeen mittaustekniikka, ohjaus ja tiedonsiirto toimivat normaalisti keskikesän ukkossateisiin asti. Tällöin aseman laitteisiin päässyt ylijännite vahingoitti ohjausyksikön sarjaliikennekorttia ja pinnanmittausyksikköä. Tuloksena oli tietoliikenneyhteyksien katkeaminen ja siilon kalkkimäärän mittausrvirhe. Vahingon aiheuttanut ylijännitepiikki tuli oletettavasti epähuomiossa ilman ukkossuojausta jäänyttä puhelinlinjaa pitkin. Kalkin annostelua ohjaava automatiikka saatiin häiriötilanteesta huolimatta toimimaan normaalisti. Vahingon seurauksena kalkitusaseman ukkossuojaus tarkistettiin ja sitä täydennettiin. Syksyn aikana tapahtui yksi syöttökatkos kalkin loputtua virheellisen mittauksen seurauksena. Muulloin automatiikka on toiminut moitteettomasti turvaten oikea-aikaisen ja optimaalisen kalkituksen.

Aseman käytön yhteydessä on havaittu, että virtaavasta vedestä mitattu pH-arvo poikkeaa noin 0,1 yksikköä seisovasta vedestä mitatusta arvosta.

Aseman käytöstä ja valvonnasta vastaa Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiri. Käyttöön liittyvät rutiinitarkastukset ja huollot suorittaa paikallinen huoltomies.

## 6 KÄYTTÖ, HOITO JA KUNNOSSAPITO

### 6.1 Käyttö

Virtaavien vesien kalkituksen tarkoituksena on jatkuva annostelu aikoina, jolloin kunnostettavan veden happamuus alittaa tavoitetason. Kalkitusaseman täytyy olla toimintavalmiina eli sen on mitattava kunnostettavan vesistön virtaamaa sekä pH-arvoa, vaikka kalkkia ei annostella vesistöön. Tämä on huomioitava suunniteltaessa aseman käyttöä sekä huoltoa, sillä lyhytkin käyttökatkos kriittisenä hetkenä voi tuhota jo saavutetun neutralointituloksen tai heikentää sitä huomattavasti.

Vuosittain tarvittavan kalkkimäärän tarkka ennustaminen on vaikeaa hydrologisista vaihteluista johtuen. Aseman keskimääräisestä vuotuisesta kalkinkulutuksesta voidaan esittää vain karkea arvio. Suotuisina vuosina kalkitusta ei tarvita juuri lainkaan, kun taas vaikeissa olosuhteissa kalkkimäärä voi ylittää yli kaksinkertaisesti keskimääräisen tarpeen.

Aseman vuosittaiset sähkö- ja puhelinkulut sekä säännöllisen huollon vaatimat kustannukset voidaan arvioida melko tarkasti. Sen sijaan vuotuisia korjauskuluja ei voida arvioida tarkasti, mutta korjauksiin ja niistä aiheutuviin menoihin on joka tapauksessa varauduttava.

Kalkitusaseman käytön rahoituksen on oltava riittävän joustavaa, koska aseman vuotuiset käyttökustannukset vaihtelevat suuresti. Rahoituksen joustavuus voidaan järjestää parhaiten myöntämällä vuosittain kalkitusasemalle siirtomäärärahaa ja varaamalla toiminnan alkuvaiheessa rahoituspuskuri poikkeuksellisten hydrologisten olosuhteiden varalta.

## 6.2 Hoito ja kunnossapito

Ohjausautomaatiikan avulla saatu neutralointitulokseksi on yhtä hyvä kuin se tieto, jonka ohjausyksikkö saa neutraloitavan veden laadusta ja määrästä.

Tämän vuoksi aseman automatisointi ei merkittävästi vähennä aseman tarkkailua, vaan se vähentää vesistön tarkkailua ja poistaa usein toistuvan käsisäädön tarpeen. Kalkitusasemalle tulee automatisoinnin myötä entistä enemmän hoitoa ja valvontaa vaativia laitteita.

Kalkitusasema saa tiedon kunnostettavan vesistön happamuudesta pH-anturin kautta. Jos tämä tieto ei ole luotettava, ei myöskään itse neutralointitulokselle voida asettaa suuria vaatimuksia. Tämän vuoksi kaikkien antureiden ja erityisesti pH-antureiden puhtaudesta ja kalibroinnin pitävyydestä on huolehdittava. Antureiden toimivuudesta on huolehdittava myös silloin, kun kalkin annostelu ei ole toiminnassa. Antureiden puhdistuksessa on noudatettava varovaisuutta, sillä pH-anturit rikkoontuvat herkästi varomattomassa käsittelyssä.

"Vesipesun" lisäksi voidaan ajoittain käyttää pH-elektrodien puhdistukseen soveltuvia kemikaaleja. Nämä puhdistavat sulfaatin tukkiman elektrodin vertailusillan, jolloin elektrodin toimivuus paranee. Talviajaksi elektrodit on varastoitava siten, etteivät ne pääse vahingoittumaan. pH-elektrodit on vaihdettava ajoissa, sillä niiden kalibroinnin pitävyys heikkenee ikääntymisen myötä.

Myös aseman muut laitteet vaativat viikottaista rutiinitarkastusta. Laitteiden huollon lisäksi on varmistuttava siitä, että esimerkiksi veden vaihtuvuus mittauskaivossa on riittävä. Näin varmistetaan se, että asema on toimintakunnossa jatkuvasti.

Aseman hoitoa varten asemalle tulee tehdä toimintalista, josta ilmenee valvontakäynnin yhteydessä suoritettavat huolto- ja tarkistustoimenpiteet. Näin myös tilapäiset hoitajat pystyvät huolehtimaan aseman toimintakunnosta.

Aseman hoito ja huolto voidaan antaa ulkopuolisen hoidettavaksi joko osittain tai kokonaan. Pienet helposti havaittavat viat (sulakkeiden vaihto, ohjauksen uudelleenkäynnistys yms.) voi hoitaa aseman hoidosta vastaava. Suuremmat viat (elektroniset viat, laiteviat) joudutaan antamaan asiantuntevan erikoisliikkeen hoidettavaksi. Vaihtoehtoisesti voidaan hankkia etukäteen varaosia helposti rikkoontuvista komponenteista,



jotka voidaan helposti itse vaihtaa. Jos laitteiston huolto annetaan ulkopuolisen hoidettavaksi, on syytä varmistua huollon nopeudesta sekä toimivuudesta. Tämä voidaan varmistaa sopimuksella, joka määrää ajan, jonka kuluessa aseman on toimittava vikailmoituksesta.

Koska ohjausyksikössä on runsaasti elektroniikkaa, saattavat ukkoset aiheuttaa käyttöhäiriöitä. Tämä häiriöherkkyys liittyy aseman sijoituspaikkaan. Asemaa ei voida täydellisesti suojata salaman aiheuttamia jännitepiikkejä vastaan. Vaikka sähkö- ja puhelinlinjat ovat suojatut, saattaa jännitepiikki päästä esimerkiksi anturin johtoa myöten ohjausyksikköön. Häiriöt saattavat vaihdella sulakkeiden palamisesta, käyttöohjelman lukkiutumisesta, aina ohjaus- tai mittaussyksikön tuhoutumiseen.

## 7 YHTEENVETO

Neutraloinnin tarkoituksena on turvata alueen luontaisen kala- tai rapukannan vedenlaadusta riippuvat toimintaedellytykset tai luoda sellaiset olosuhteet joihin voidaan palauttaa jo kadonnut tai korvaava kanta. Virtaavien vesien neutraloinnissa käytetään erilaisia -filleritason kalkkikivijauheita ( $\text{CaCO}_3$ ) sekä poltettua kalkkia ( $\text{CaO}$ ).

Virtaavien vesien neutralointi edellyttää jatkuvaa valmiutta annosteluun, koska kertaannostuksella ei saavuteta pitkäaikaista vaikutusta. Neutralointiaineen annostelumäärä vaihtelee kunnostettavan veden laadun ja virtaaman mukaan. Neutralointiaineen annostelu suoritetaan yleensä kuiva-annosteluna. Kalkki syötetään varastosiilosta annosteluruuvien avulla sekoitussäiliöön, jossa kalkki sekoitetaan veteen. Näin syntynyt kalkkimaito johdetaan edelleen kunnostettavaan vesistöön.

Kunnostettavissa vesistöissä, erityisesti pienehköillä valuma-alueilla, saattavat valuma-veden happamuus sekä virtaama vaihdella nopeasti. Käsisäätöisesti suoritetulta kalkitukselta vaaditaan tämän vuoksi ongelmallisina aikoina lähes jatkuvaa vedenlaadun, virtaaman sekä laitteiston seurantaa. Tästä johtuen käsisäätöisesti suoritettulla kalkituksella on erittäin vaikea saavuttaa tasaista neutralointitulosta.

Automatisoinnin tavoitteena on rakentaa kalkitusasema, joka toimii itsenäisesti oman automaattisen ohjauksensa varassa. Tällöin asema seuraa vesistössä tapahtuvia vedenlaadun ja virtaaman muutoksia sekä muuttaa tarvittaessa neutralointiaineen annostusta, jolloin päästään jatkuvasti neutralointitavoitteeseen. Automaattisen kalkinsyötön ohjauksen avulla neutralointi pystytään suorittamaan myös entistä taloudellisemmin tarpeettoman yliannostelun jäädessä pois.

Automatiikan tehtävänä on seurata kunnostettavan vesistön happamuutta ja tarvittaessa virtaamaa sekä ohjata neutralointilaitteistoa näiden mittaustietojen perusteella. Ohjauslaitteiston tulee kytkeä kalkitusaseman annosteluyksikkö toimimaan kunnostettavan vesistön pH-tason laskiessa alle tavoitetason. Automatiikan tulee syöttää tarpeellinen määrä kalkkia vesistöön pH-tason kohottamiseksi tavoitteeseen. Neutraloinnin aikana laitteiston tulee seurata kalkituksen vaikutusta vesistöön ja tehdä tarvittaessa korjauksia neutralointiaineen annosteluun.



Virtaavien vesien kalkitusaseman ohjauslaitteisto koostuu etäispäätteellä olevasta kaukovalvonta- ja tiedonkeruuohjelmasta sekä kalkitusasemalla olevasta ohjauslaitteesta. Etäispäätteessä oleva ohjelma koostuu tiedonsiirto-, raportointi- sekä laitteiston ohjaus- ja seurantaohjelmasta. Tämän ohjelman kautta voidaan muuttaa kalkitusaseman ohjauslaitteen toimintaparametreja ja seurata kalkitusaseman toimintaa, neutralointitulosta sekä kunnostettavan vesistön vedenlaatua.

Ohjauslaitteeseen kuuluvat ohjauslogiikka ja sen sisältämät ohjelmat sekä tarvittavat anturit ja kytkimet vedenlaadun, virtaaman ja laitteiston toiminnan tarkkailemista sekä ohjaamista varten. Lisäksi laite kerää mittaus- ja käyttötietoja muistiinsa. Sopivin määräajoin tiedot siirretään etäispäätteenä toimivalle tietokoneelle toiminnan seuraamista ja myöhempää tarkastelua varten.

Aseman ohjaus suoritetaan yleensä yläpuolisen pH-arvon sekä virtaamatiedon avulla. Näiden perusteella keskusyksikkö laskee tarvittavan kalkkimäärän, jonka avulla vesistön pH-taso kohotetaan tavoitearvoonsa. Aseman alapuolista pH-viestiä käytetään kalkituksen vaikutuksen seuraamiseen ja tarvittaessa tämän perusteella tehdään tarpeelliset muutokset annosteltuun kalkkimäärään. Eräissä tapauksissa alapuolisella pH-arvon mittauksella seurataan ainoastaan kalkituksen vaikutusta kunnostettavassa vesistössä.

Kalkitusasemalle tulee automatisoinnin yhteydessä entistä enemmän huoltoa ja korjauksia vaativia laitteita. Asema vaatii viikottaisen rutiinitarkastuksen, jonka yhteydessä mm. pH-anturit täytyy puhdistaa. Automatiikkaa ei saada täydellisesti suojattua esimerkiksi ukkosen aiheuttamilta vaurioilta. Automatiikassa esiintyvien vikojen ja vaurioiden korjaamisesta on syytä laatia sopimus alan erikoisliikkeen kanssa.

Vuonna 1992 maassamme oli käytössä kolme eriasteisella automatiikalla varustettua virtavesien kalkitusasemaa. Kaikki neutraloivat happamilta sulfaattimailta tulevia vesiä (Harrströminjoki, Lappsundinjoki ja Kruunupyynjoki). Asemat on varustettu sekä käsisäädöllä että automaattiohjauksella.

Tekniseltä toteutukseltaan, automatiikaltaan ja ohjausperiaatteeltaan asemat poikkeavat jossakin määrin toisistaan. Kaikilla asemilla on yhdenmukainen häiriökytkentä sekoitus-säiliön ylitäytön ja säiliöön tulevan huuhteluveden syöttöhäiriön varalta. Kalkkituotteiden annostelun osalta kalkitusasemat eivät oleellisesti poikkea toisistaan. Kalkki annostellaan ruuviannostelijalla säiliöön, jossa se sekoitetaan veteen. Syntynyt kalkkimaito johdetaan putkea pitkin kunnostettavaan vesistöön.

## VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA - sarja A

83. Vesihuoltolaitokset 31.12.1988 ja 31.12.1989. Helsinki 1992.
84. Sandman, Olavi; Turkia, Jaana & Huttunen, Pertti: Paleolimnologinen tutkimus metsäojituksen ja -lannoituksen vesistövaikutuksista Juupajoen Kalliojärvessä. Helsinki 1992.
85. Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri: Uudenmaan ja Etelä-Hämeen vedet. Helsinki 1991.
86. Roila, Tuija: Pienvesien happamoitumisen seuranta vuosina 1979 - 1989.  
Roos, Jaana: Puskurikapasiteetin muutokset eräissä pienjärvisissä vuosien 1937 - 48 ja 1988 välillä. Helsinki 1992.
87. Ollikainen, Minna: Karjalan Pyhäjärven tila 1980-luvulla sedimentin piilevien ilmentämänä. Helsinki 1992.
88. Lepistö, Liisa: Planktonlevien aiheuttamat haitat. Helsinki 1992.
89. Rantakangas, Jorma: Perkauksen aiheuttaman kiintoainevirtaaman ennakointi. Helsinki 1992.
90. Kaijalainen, Erkki (toim.): Sonkajärven reitin vesien käytön yleissuunnitelma. Helsinki 1992.
91. Salo, Simo: The fate of chemicals spilled on water. A literature review of physical and chemical processes. Helsinki 1992.
92. Mäkirinta, Urho & Tolonen, Pasi: Vaalan Järvikylän järvien kasvillisuus järvien tilan kuvaajana. Helsinki 1992.
93. Mäkirinta, Urho: Muutoksia Alavetelin Isojärven kasvillisuudessa 1973 - 1981. Helsinki 1992.
94. Nakari, Tarja: Porvoon edustan merialueen meriveden vaikutuksista sumpputettujen ja luonnonkalojen elintoimintoihin. Helsinki 1992.
95. Torpström, Heikki & Lappalainen, Matti: Järvien biomanipulaation perusteita ja käytännön mahdollisuuksia. Helsinki 1992.
96. Salonen, Seija; Frisk, Tom; Kärmeniemi, Tellervo; Niemi, Jorma; Pitkänen, Heikki; Silvo, Kimmo & Vuoristo, Heidi: Fosfori ja typpi vesien rehevöittäjinä – vaikutusten arviointi. Helsinki 1992.
97. Assmuth, Timo; Strandberg, Tapio; Joutti, Anneli & Kalevi, Kirsti: Kemiallisesti saastuneiden maa-alueiden tutkimusmenetelmät. Helsinki 1992.
98. Kivimäki, Anna-Liisa: Tekopohjavesilaitokset Suomessa. Helsinki 1992.
99. Tanninen, Risto: Arvot ja asenteet Pyhäjoen vesiensuojelusuunnittelussa. Helsinki 1992.
100. Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri: Rautalammin reitin vene- ja retkisatamasuunnitelma. Helsinki 1992.
101. Eloheimo, Karri: Veneily ja sen ympäristövaikutukset. Helsinki 1992.
102. Sytyke 16. Sannholm, Gun & Söderström, Mirja: Entsyymikäsittelyn merkitys sulfaattimassan valkaisuissa. Helsinki 1992.
103. Sytyke 9. Raitio, Laura: Siistausprosessin ympäristökuormitus. Helsinki 1992.
104. Sytyke 17. Jantunen, Esko: Jätevesipäästötön paperitehdas. Helsinki 1992.
105. Sytyke 10. Lehtinen, K.-J. & Tana: Effects in mesocosms exposed to effluents from bleached hardwood kraft pulp mill. Helsinki 1992.
106. Hudd, Richard; Toivonen, Anna-Liisa & Wistbacka Ralf: Malax å fiskeriutredning. Helsinki 1992.
107. Rontu, Mika: Pohjaveden alkalointi kalkkikivisuodatuksella. Helsinki 1992.
108. Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri: Rautalammin reitti - Kansallisvesi. Helsinki 1992.
109. Sytyke 11. Junttila, Vesa: Sellutehtaan ympäristökuormitusten pienentäminen ja hallinta uudella tehdaslayoutilla. Helsinki 1992.
110. Sytyke 20. Kara, Mikko: Natrium- ja rikki-taseen säätömahdollisuuksia suomalaisessa sellutehtaassa. Helsinki 1992.
111. Kauppi, Marja: Repoveden alueen vesistöjen perusselvitys. Helsinki 1992.
112. Lindholm, Tapio (toim.): Sukkessiotutkimusten tuloksia Suomen ja SNTL:n luonnonsuojelualueilta. Helsinki 1992.
113. Sytyke 2. Hatakka, Annele; Valo, Marjatta & Lankinen, Pauliina: Puunjalostusteollisuuden jätevesien käsittely valkolahosienillä ja niiden entsyymeillä. Helsinki 1992.
114. Sytyke 19. Krogerus, Märten & Hynninen, Pertti: Sellu- ja paperiteollisuuden päästöjen käsittelyvaihtoehdot ja kustannukset. Helsinki 1992.
115. Hyvärinen, Pekka; Salojärvi, Kalervo; Pushkin, Sergei & Ahonen, Mikko: Kalojen vaellus Oulujärvistä Oulujokeen. Helsinki 1992.
116. Ettala, Matti & Koskela, Juhani: Kloorifenolipitoisten pohjavesien käsittely aktiivihiihluodatuksella ja aktiivilietemenetelmällä. Helsinki 1992.

117. Sytyke 6. Myréen, Bertel: Suomen metsäteollisuuden tila vuonna 1995. Helsinki 1992.
118. Lyly, Olavi: Torjunta-aineiden käytön kannattavuus ja ympäristöhaittojen vähentäminen. Helsinki 1992
119. Sytyke 21. Laxén, Torolf: Organosolvkeittot. Helsinki 1992.
120. Sytyke 4. Pere, J; Thun, R; Alén, R; Kyllönen, H & Viikari, L: Metsäteollisuuden jäteliitteet. Helsinki 1992.
121. Vesihuoltolaitokset 31.12.1990. Helsinki 1992.
122. Sytyke 14. Siitonen, Heikki; Wartiovaara, Jyrki & Kasanen, Pirkko: Sellu- ja paperitehdas-integraatin ympäristönsuojelutoimien hyötyjen ja haittojen arviointi - casetutkimus. Helsinki 1992.
123. Sytyke 22. Malinen, Raimo: Skenaarioanalyysi massan valmistuksen kehitysvaihtoehtoista. Helsinki 1992.
124. Sytyke 22A. Vasara, Petri: Skenaarioiden tuottaminen ja analyysi massanvalmistukselle Suomessa 1995 - 2010. Helsinki 1992.
125. Törrtö, Heli; Kaakinen, Eero & Alasaarela, Erkki: Ympäristövaikutusten arviointi aluehallinnossa - esimerkkinä Oulun lääni. Helsinki 1992.
126. Ekholm, Matti: Suomen vesistöalueet. Helsinki 1992.
127. Aura, Erkki; Puustinen, Markku; Virtanen, Seija; Mikkola, Hannu; Luoma, Tarmo & Peltomaa, Rauno: Salaojitusmenetelmien vertailu Zaitsevon kenttäkokeessa. Helsinki 1992.
128. Sytyke 15. Puustinen, Jukka: Ravinteiden käytön optimointi metsäteollisuuden aktiivilietelaitoksissa.  
Sytyke 3. Lammi, Reino & Pakarinen, Kauko: Typpiravinnelisyksen vaikutus sellutehtaan aktiivilietelaitoksen toimintaan. Helsinki 1993.
129. Seppälä, Jyri: Ympäristöriskianalyysi teollisuudessa. Helsinki 1992.
130. Sytyke 18. Pihlaja, Kalevi (koordinaattori): Valkaistua sulfaattisellua valmistavan tehtaan jätevesien orgaanisen aineen hajoaminen ja ympäristövaikutukset. Helsinki 1993.
131. Lax, Hans-Göran; Koskenniemi, Esa; Sevola, Pertti & Bagge, Pauli: Tenojoen pohjaeläimistö ympäristön laadun kuvaajana. Helsinki 1993.
132. Sytyke 12. Kauppinen, Jyrki: Metsäteollisuuden hajuaineiden analytiikka ja seuranta. Helsinki 1993.  
Sytyke 5. Välttilä, Olli: Biolietteen poltto.
133. Sytyke 10A. Lehtinen, K-J: Ecological impact of pulp mill effluents. Helsinki 1993.
134. Hirvi, Juha-Pekka (toim.): Operatiivinen ajalehtimis- ja kulkeutumismalli merialueille.
135. Nystén, Taina: Kärkölen likaantuneen pohjavesialueen geologia ja matemaattinen mallintaminen. Helsinki 1993.
136. Vesihuoltolaitokset 1991. Helsinki 1993.
137. Ullvén, Johanna: Simpukoiden soveltuvuudesta kloorifenolien tutkimiseen murtovedessä. Helsinki 1993.
138. Peura, Pekka: Happamoituminen Merenkurkun pienissä järvissä.  
Peura, Pekka: Försurning av småsjöarna i Norra Kvarnen. Helsinki 1993
139. Huttunen, Leena & Soveri, Jouko: Luonnontilaisen roudan alueellinen ja ajallinen vaihtelu Suomessa. Helsinki 1993.
140. Kaatra, Kai & Marttunen, Mika (toim.): Oulujoen vesistön säännöstelyjen kehittämisselvitykset. Helsinki 1993.
141. Suomela, Tapani: Tuusulan kunnan Hyrylän pohjavesialueen suojelusuunnitelma. Helsinki 1993.
142. Kauppi, Lea (toim.): Itäisen Suomenlahden lintukuolemat keväällä 1992. Helsinki 1993.
143. Lahti, Kirsti; Lepistö, Liisa; Niemi, Jorma & Färdig, Michael: Eri vesilaitosten tehokkuus levien ja erityisesti syanobakteerien poistossa. Helsinki 1993.
144. Koskimies, Pertti: Population sizes and recent trends of breeding birds in the nordic countries. Helsinki 1993.
145. Alasaarela, Erkki; Hellsten, Seppo; Keränen, Reijo; Kurttila, Terttu & Riihimäki, Juha: Säännöstelyjen järvien rantojen kunnostuksen ja hoidon periaatteet - esimerkkinä Oulujoen vesistö. Helsinki 1993.
146. Korkka-Niemi, Kirsti; Sipilä, Annika; Hatva, Tuomo; Hiisvirta, Leena; Lahti, Kirsti & Alftan, Georg: Valtakunnallinen kaivovesitutkimus. Helsinki 1993.
147. Ruonala, Seppo (toim.): SYTYKE-ohjelman projektien yhteenvedot. Helsinki 1993.
148. Ruonala, Seppo (red.): Sammandrag av projekten i programmet SYTYKE. Helsinki 1993.
149. Ruonala, Seppo (ed.): Summaries of SYTYKE-projects. Helsinki 1993.

150. Niinioja, Riitta: Lietelannan levitys ja ravinteiden huuhtoutuminen. Helsinki 1993.
151. Hynninen, Pekka (toim.): Pyhäjoen vesiensuojelun yleissuunnitelma. Helsinki 1993.
152. Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri: Pohjois-Karjalan vedet ja ympäristö 1990-luvulla. Helsinki 1993.
153. Rathmayer, Hans & Juvankoski, Markku: Tiivistemattoina käytettävät geomembraanit - toiminta-vaatimukset ja materiaalinvalintakriteerit. Helsinki 1993.
154. Vertanen, Suvi: Elinkaarianalyysi ja pakkaukset. Helsinki 1993.
155. Ahtela, Irmeli: Porvoon edustan merialueen tila vuosina 1985 - 1991. Helsinki 1993.
156. Mroueh, Ulla-Maija: Orgaanisten liuotteiden käyttö Suomessa. Helsinki 1993.
157. Hudd, Richard; Leskelä, Ari & Kjellman, Jakob: Kyrönjoen alaosan kalatalousselvitykset vuosina 1980 - 1990. Helsinki 1993.
158. Hottola, Petri: Lintuvesiohjelma puntarissa - Linnustوسelvitys Pohjois-Karjalan lintujärvillä. Helsinki 1993.
159. Luther, Annika: Muurahaiset ympäristön seurannassa. Kirjallisuusselvitys. Helsinki 1993.
160. Haatainen, Susanna; Hammar, Taina; Huovila, Juhani; Lahti, Erkki; Oksman, Heikki; Punju, Pirjo & Taipainen, Irmeli: Hyalotheca dissiliens -koristelevän runsastumisen syistä Rautalammin reitillä. Helsinki 1993.
161. Turun vesi- ja ympäristöpiiri: Kiskonjoen luonnontaloudellinen kehittämissuunnitelma. Helsinki 1993.
162. Porvari, Petri; Verta, Matti: Elohopea ympäristössä ja tekoaltaissa - kirjallisuuskatsaus ja arvio Vuotoksen tekoaltaan hauen elohopeapitoisuuden kehittymisestä. Helsinki 1993.
163. Grönroos, Juha: Maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentäminen. Vähentämismenetelmien arviointitutkimus. Helsinki 1993.
164. Heikkinen, Onni (toim.): Oulujärven vesiensuojelun yleissuunnitelma. Helsinki 1993.
165. Reuna, Marja, Perälä, Jaakko ja Aitamurto, Seppo: Lumen aluevesiarvoja Suomessa vuosina 1946 - 1993. Helsinki 1993.
166. Madekivi, Olli: Alusten aiheuttamien aaltojen ja virtausten ympäristövaikutukset. Helsinki 1993.
167. Shuibo, Pan (ed.) & Loukola, Erkki (ed.): Chinese-Finnish cooperative research work on dam break hydrodynamics. Helsinki 1993.
168. Vesihuoltolaitokset 1992. Helsinki 1993.
169. Virkanen, Juhani; Heikkilä, Raimo; Lindholm, Tapio: Kerrossammalten (*Hylocomium splendens*) raskasmetallipitoisuudet Kuhmossa 1989. Helsinki 1994.
170. Vuori, Kari-Matti: Hydropsychidae-heimon vesiperhostoukat ympäristökuormituksen mittareina virtaavissa vesissä. Helsinki 1993.
171. Keränen, Saara & Kokko Aira: Pesosjärven yhdennetyn seurannan alueen kasvillisuus vuosina 1989 ja 1990. Helsinki 1993.
172. Kärkkäinen, Sirpa: Kolin alueen lehdot. Helsinki 1994.
173. Marttunen, Mika & Hiedanpää, Juha: Etutahojen suhtautuminen Kokemäenjoen keskiosan ja Loimijoen tulvasuojeluun. Helsinki 1994.
174. Krogerus, Kirsti & Bilaletdin, Ämer: Kyrösjärven, Parkanonjärven ja Jämijärven vesiensuojelusuunnitelma. Helsinki 1994.
175. Rutanen, Ilpo: Etelä-Suomen vanhojen metsien kovakuoriaiset I. Helsinki 1994.
176. Rönkkömäki, Mauno: Hydrologisten mallien käyttö turvetuotantoalueiden vesiensuojelutekniikan kehittämisessä. Helsinki 1994.
177. Lindholm, Tapio & Airaksinen, Outi (toim.): Talaskankaan metsä- ja suoalueen luonnonsuojeluintoinnit. Helsinki 1994.
178. Dahlbo, Helena: Kiinteän yhdyskuntajätteen metallivirrat - tutkimuksen kokeellinen osa ja yhteen-veto. Helsinki 1994.
179. Sandman, Olavi; Kauppi, Lea & Tossavainen, Tarmo: Metsäojitusten ja -lannoitusten aiheuttamien ravinnehuuhtoutumien pidättäminen järvikerrostumiin.  
Sandman, Olavi; Turkia, Jaana & Huttunen, Pertti: Metsätalouden pitkäaikaiset vaikutukset suurissa järvissä, Kuhmon Änättijärven ja Lentuan sedimenttitutkimus. Helsinki 1994.
180. Lapin vesi- ja ympäristöpiiri: Lapin vesistöt ja ympäristö 1990-luvulla. Lapin vesien käytön, hoidon ja suojelun kehittämissuunnitelma. Helsinki 1994.
181. Malve, Olli; Ekholm, Petri; Kirkkala, Teija; Huttula, Timo & Krogerus, Kirsti: Säkylän Pyhäjärven virtaukset, ravinnekuormitus ja rehevyystaso. Helsinki 1994.

182. Kaila-Kangas, Leena; Kangas, Risto & Piirainen, Helena: Ympäristöasennebarometri. Helsinki 1994.
183. Vertanen, Päiviö & Viitasaari, Sauli: Nahanvalmistuksen jätehuolto ja jätevesien käsittely. Helsinki 1994.
184. Repo, Maire & Hämäläinen, Maria-Leena (toim.): Teollisuuden vesitilasto 1992. Helsinki 1994.
185. Valovirta, Ilmari & Heino, Mikko: Maanilviäiset ympäristön tilan seurannassa. Helsinki 1994.
186. Jämsen, Minna: Tekojärvien ja padottujen jokisuvantojen vaikutus Kalajoen veden laatuun. Helsinki 1994.
187. Kemikaaliohjelmatyöryhmä: Kemikaalien aiheuttamien ympäristöriskien hallinta. Vesi- ja ympäristöhallituksen toimintaohjelma. Helsinki 1994.
188. Mononen, Paula & Lozovik, Peter (toim.): Acidification of inland waters. Helsinki 1994.
189. Verta, Matti (toim.): Happikemikaalien käyttöön perustuvan massanvalkaisun ympäristövaikutuksia. Helsinki 1994.
190. Manninen, Pertti; Kivinen, Jarmo & Julkunen, Markku: Hyalotheca dissiliens -koristelevän aiheuttama pyydysten limoittuminen ja levän esiintyminen Mikkelin läänissä. Helsinki 1994.
191. Sulkakoski, Mikko: Humukseen sitoutuneen raudan poisto pohjavedestä biosuodatuksella. Helsinki 1994.
192. Vesihuoltolaitokset 1993. Helsinki 1994.
193. Heikkinen, Kaisa; Ihme, Raimo & Lakso, Esko: Ravinteiden, orgaanisten aineiden ja raudan pidättymiseen johtavat prosessit pintavalutuskentällä. Helsinki 1994.
194. Kullberg, Jaakko: Päiväperhosten käyttö ympäristön seurannassa. Helsinki 1994.
195. Reuna, Marja & Aitamurto, Seppo: Sadannan aluearvoja ja aluearvojen toistuvuuksia Suomessa vuosina 1911–1993. Helsinki 1994.
196. Rutanen, Ilpo: Metsäpalon vaikutuksesta kovakuoriaislajistoon Patvinsuon kansallispuistossa. Helsinki 1994.
197. Korhonen, Iris: Luonnon monimuotoisuus, in-situ -suojelu ja kansainvälinen oikeus – Alue-suojelun kansainväliset ulottuvuudet. Helsinki 1994.
198. Puustinen, Markku; Merilä, Eero; Palko, Jukka & Seuna, Pertti: Kuivatustila, viljelykäytäntö ja vesistökuormitukseen vaikuttavat ominaisuudet Suomen pelloilla. Helsinki 1994.
199. Merilä, Eero: Suomen peltojen peruskuivatuksen tila ja tarve. Helsinki 1995.
200. Perkkio, Simo; Huttula, Erkki & Nenonen Marjaleena: Simojoen vesistön vesiensuojelusuunnitelma. Helsinki 1995.
201. Marttunen, Mika & Kaatra, Kai (toim.): Kokemäenjoen keskiosan ja Loimijoen alaosan tulvasuojelun vaikutusten arviointi. Helsinki 1995.
202. Joensuu, Elina & Laihonen, Pasi: Ilman laadun seuranta Turun ja Porin läänissä. Helsinki 1995.
203. Reuna, Marja & Aitamurto, Seppo: Tilastotietoja vedenkorkeuden vaihteluista Suomessa. Helsinki 1995.
204. Iivonen, Pasi & Kenttämies, Kaarle: Happamoituneiden vesistöjen kalkitus Suomessa. Helsinki 1995.
205. Ekholm, Petri; Posch Maximilian & Rekolainen, Seppo: Accuracy and precision of annual nutrient load estimates from Nordic rivers. Helsinki 1995.
206. Nakari, Tarja: Kalojen sisäisten biologisten rytmien ja vuodenajan merkitys toksisuustutkimuksissa. Helsinki 1995.
207. Heikkilä, Hanna: Finnish-Karelian symposium on mire conservation and classification. Helsinki 1995.
208. Puustinen, Jukka; Jørgensen, Kirsten, S; Strandberg, Tapio & Suortti, Anna-Mari: Bioremediation of oil contaminated soil from service stations. Helsinki 1995.
209. Nieminen, Hanna: Kotitalousjätteen keräys ja kuljetus. Helsinki 1995.
210. Heikkinen, Risto & Husa, Jukka: Luonnon- ja maisemansuojelun kannalta arvokkaat kallioalueet. Helsinki 1995.
211. Viikinkoski, Kari & Hynninen, Pekka (toim.): Liminganlahden vesistöalueen vesiensuojelusuunnitelma. Helsinki 1995.
212. Yrjänä, Timo: Entisten uittojokien kunnostaminen – esimerkkinä Iijoen vesistö. Helsinki 1995.
213. Valve, Helena: Maatalouspolitiikan suunnittelukäytännöt ja ympäristövaikutusten arvioinnin kehittäminen. Helsinki 1995.







**R**ehevöitymisen ohella myös happamoituminen haittaa eräiden vesistöjen käyttökelpoisuutta. Vesistöt tulevat vaatimaan kunnostustoimenpiteitä niiden luontaisen tilan palauttamiseksi tai säilyttämiseksi.

**K**äytännön virtavesien kalkituksissa on huomattu, ettei käsisäätöisellä kalkituksella pystytä seuraamaan virtaavissa vesistöissä tapahtuvia muutoksia. Usein vain säätöhetkellä saadaan haluttu kalkitustulos. Tämän vuoksi täytyy virtaavien vesien kalkitusasemat automatisoida.

**K**irjan esimerkkien avulla lukija voi tutustua automaattisten kalkitusasemien "sielunelämää" ja käyttökokemuksiin. Kirjassa on selostettu kuinka asema toimii, mitä laitteita siihen kuuluu ja mitä niiltä vaaditaan. Siis kuinka kalkitusasema automatisoidaan.